



Ana Rita Tavares Fialho

Licenciatura em Biologia Humana

**Características físico-químicas de diferentes
músculos e da gordura subcutânea dorsal
em raças suínas autóctones portuguesas e
seus cruzamentos**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Tecnologia e Segurança Alimentar

Orientador: Prof. Doutor José Manuel Mota Ruivo Martins, UÉvora

Co-orientador: Prof. Doutor José Alberto Feijão Neves, UÉvora

Co-orientador: Prof. Doutora Benilde Mendes (DCTB), FCT/UNL

Júri:

Presidente: Doutora Maria Paula Amaro de Castilho Duarte – FCT/UNL

Arguente: Doutora Marta Sofia Serrano Valente Casimiro Ferreira Laranjo –
ICAAM/UÉvora

Vogal: Doutor José Manuel Mota Ruivo Martins, Universidade de Évora



FACULDADE DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA

Setembro, 2018

Ana Rita Tavares Fialho

Licenciatura em Biologia Humana

**Características físico-químicas de diferentes
músculos e da gordura subcutânea dorsal
em raças suínas autóctones portuguesas e
seus cruzamentos**

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Tecnologia e Segurança Alimentar

Orientador: Professor Doutor José Manuel Mota Ruivo Martins,
Universidade de Évora

Co-orientador: Professor Doutor José Alberto Feijão Neves,
Universidade de Évora

Co-orientador: Professora Doutora Benilde Mendes (DCTB), FCT/UNL

Júri:

Presidente: Doutora Maria Paula Amaro de Castilho Duarte – FCT/UNL

Arguente: Doutora Marta Sofia Serrano Valente Casimiro Ferreira Laranjo –
ICAAM/UEvora

Vogal: Doutor José Manuel Mota Ruivo Martins, Universidade de Évora



Setembro, 2018

“Características físico-químicas de diferentes músculos e da gordura subcutânea dorsal em raças suínas autóctones portuguesas e seus cruzamentos” © Ana Rita Tavares Fialho

Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade Nova de Lisboa, Universidade Nova de Lisboa.

“A Faculdade de Ciências e Tecnologia e a Universidade Nova de Lisboa têm o direito, perpétuo e sem limites geográficos, de arquivar e publicar esta dissertação através de exemplares impressos reproduzidos em papel ou de forma digital, ou por qualquer outro meio conhecido ou que venha a ser inventado, e de a divulgar através de repositórios científicos e de admitir a sua cópia e distribuição com objetivos educacionais ou de investigação, não comerciais, desde que seja dado crédito ao autor e editor.”

A presente dissertação foi redigida de acordo com o novo acordo ortográfico.

Agradecimentos

Ao Professor Doutor José Manuel Mota Ruivo Martins, investigador do ICAAM e professor na Universidade de Évora, pela orientação e auxílio no trabalho escrito e durante todo o estágio no ICAAM, pelas aprendizagens e ensinamentos prestados, que me permitiram adquirir novos conhecimentos e experiências no laboratório. Pela simpatia, disponibilidade e confiança depositada em mim e no meu trabalho.

Ao Professor Doutor José Alberto Feijão Neves, investigador do ICAAM e professor na Universidade de Évora pela co-orientação e auxílio nesta dissertação.

À Professora Doutora Benilde Mendes, coordenadora do mestrado em Tecnologia e Segurança Alimentar, por toda a ajuda e disponibilidade prestada ao longo do mestrado e na co-orientação nesta dissertação.

À Engenheira Graça Machado pela disponibilidade, confiança e ajuda prestada no laboratório de Nutrição e Metabolismo da Universidade de Évora com todos os materiais e equipamentos, pelo auxílio na literatura e pelos ensinamentos prestados.

À Margarida Romão do Laboratório de Nutrição e Metabolismo da Universidade de Évora por toda a ajuda prestada no laboratório.

Ao André Albuquerque, colega de laboratório, pela companhia, auxílio e ensinamentos prestados no laboratório.

À Joana e à Sara do laboratório de Tecnologia e Pós-Colheita da Universidade de Évora por toda a ajuda prestada no laboratório.

Às minhas amigas Ana Hipólito, Filipa Robalo e Daniela Marques pela amizade, pela motivação e apoio.

À minha família e amigos pela preocupação e motivação.

A quem me incentivou.

Resumo

Em Portugal, as raças suínas autóctones principais são o porco Alentejano e o porco Bísaro. O porco Alentejano teve origem no tronco Ibérico e distribuição no sul de Portugal, por sua vez o porco Bísaro remonta ao tronco Celta e geograficamente distribui-se pelo norte do território nacional.

A carne de porco é a mais consumida em Portugal e com o intuito da valorização e aumento do consumo de carne de raças autóctones, surgiu este trabalho, inserido no projeto TREASURE (EU Horizon 2020 research and innovation programme, Grant agreement N°634476). O seu objetivo foi estudar as características zootécnicas e físico-químicas da gordura subcutânea dorsal e de três músculos destas raças autóctones, que se caracterizam por produtos de elevada qualidade e bastante apreciados pelo consumidor, e dos seus cruzamentos, o porco Ribatejano.

Foram estudados quatro grupos de animais diferentes, um grupo de cada raça pura, Alentejano (AL) e Bísaro (BI) e dois grupos de cruzados (ALBI e BIAL). Um conjunto de animais foi abatido ao peso de 65 kg (n=10 para cada genótipo) e um segundo com um peso ao abate de 150 kg (n=9 para cada genótipo). Foi estudada a vertente zootécnica e características da carcaça e analisados os parâmetros físico-químicos na gordura subcutânea dorsal (humidade, proteína total, lípidos totais e cor) e nos músculos *Longissimus lumborum*, *Semimembranosus* e *Gluteus medius* (humidade, proteína total, lípidos totais, mioglobina, colagénio, pH, perda de água e cor), bem como os parâmetros reológicos (força de cisalhamento Warner-Bratzler e análise de perfil de textura) no *Longissimus lumborum*.

Neste trabalho, o porco Alentejano apresentou menor ganho de peso e maior teor de peças gordas e o porco Bísaro maior ganho de peso e conteúdo de peças magras. Nas características físico-químicas o porco Alentejano apresentou uma carne mais vermelha, com menor perda de água e maior teor de gordura intramuscular e o porco Bísaro maior conteúdo em colagénio e menor valor de pH. A força de cisalhamento foi (65 kg) ou tendeu (150 kg) a ser inferior no *L. lumborum* de porcos AL, quando comparados com os BI. Quando comparados com as raças puras, os porcos Ribatejanos (cruzados ALBI e BIAL) registaram em geral valores intermédios nos parâmetros analisados, sugerindo a utilização destes genótipos com peso de abate aos 65 kg preferencialmente para a produção de carne e com peso de abate aos 150 kg preferencialmente para produtos transformados de alta qualidade.

Palavras-chave: Porco Alentejano; Porco Bísaro; Porco Ribatejano; Carne; Características zootécnicas; Características físico-químicas; Consumo humano.

Abstract

In Portugal, the main autochthonous swine breeds are the Alentejano and the Bísaro pig. The Alentejano pig originated from the Iberian trunk is located in the south of Portugal, while the Bísaro pig descends from the Celta trunk and geographically is in the north of the national territory.

Pork meat is the most consumed in Portugal and with the aim of valorizing and increasing the meat consumption of native breeds, this work, within the TREASURE project (EU Horizon 2020 research and innovation programme, grant agreement No 634476) was implemented. The objective of the work was to study the zootechnical and physico-chemical characteristics of the dorsal subcutaneous fat and three muscles of these native breeds, characterized by products of high quality and highly appreciated by the consumer, and of their crosses, the Ribatejano pig.

Four groups of different genotypes, one group from each pure breed, Alentejano (AL) and Bísaro (BI), and two groups of crosses (ALBI and BIAL) were studied. A set of animals were slaughtered at 65 kg (n = 10 for each genotype), and another one at 150 kg (n = 9 for each genotype). Growth and carcass characteristics were studied and the physical-chemical parameters in the dorsal subcutaneous fat (moisture, total protein and lipids, and colour) and *Longissimus lumborum*, *Semimembranosus* and *Gluteus medius* muscles (moisture, total protein and lipids, myoglobin, collagen, pH, water loss and colour), as well as the rheological parameters (Warner-Bratzler shear force and texture profile analysis) in *Longissimus lumborum* were analyzed.

In this study, Alentejano pig presented lower weight gain and higher fat cuts weight and Bísaro pig had higher weight gain and lean cuts weight. In the physico-chemical characteristics, the Alentejano pig presented a redder meat, with lower water loss and higher intramuscular fat content and the Bísaro pig had higher collagen content and lower pH value. WBSF was (65 kg) or tended (150 kg) to be lower in *L. lumborum* from AL pigs, when compared to BI ones. When compared to the pure breeds, the Ribatejano pigs (ALBI and BIAL crosses) showed intermediate values in the measured parameters, suggesting the use of these genotypes with slaughter weight at 65 kg mainly for meat production and slaughter weight at 150 kg mainly for high quality processed products.

Keywords: Alentejano pig; Bísaro pig; Ribatejano pig; Meat; Zootechnical characteristics; Physico-chemical characteristics.

Índice de Matérias

Agradecimentos.....	III
Resumo	V
Abstract	VII
Índice de Matérias	IX
Índice de Figuras	XIII
Índice de Tabelas	XV
Abreviaturas	XVII
Capítulo 1 – Introdução	1
Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica	3
2.1. O porco Alentejano.....	3
2.1.1. História e Importância socioeconómica	3
2.1.2. Características da raça	4
2.1.3. Sistema de produção	4
2.2. O porco Bísaro	5
2.2.1. História e Importância socioeconómica	5
2.2.2. Características da raça	6
2.2.3. Sistema de produção	7
2.3. O porco Ribatejano	8
2.4. O tecido adiposo	8
2.4.1. Estrutura e composição química.....	8
2.4.2. Características funcionais e metabólicas.....	10
2.5. O tecido muscular esquelético	13
2.5.1. Composição química.....	13
2.5.2. Estrutura do músculo esquelético	13
2.5.3. Características funcionais e metabólicas.....	15
2.5.4. Transformação do músculo em carne.....	18
2.5.5. Características físico-químicas e tecnológicas da carne	19
2.5.5.1. Humidade	19
2.5.5.2. Proteína total	20
2.5.5.2.1. Colagénio total e solúvel	21
2.5.5.3. Lípidos totais	21
2.5.5.4. pH.....	22
2.5.5.5. Pigmentos totais.....	24
2.5.5.6. Cor.....	25
2.5.5.7. Perda de água.....	26
2.5.6. Parâmetros reológicos - perfil de textura	28

2.5.6.1. Força de corte Warner-Bratzler (WBSF)	28
2.5.6.2. Análise de perfil de textura (TPA)	28
2.6. Fatores que afetam a qualidade da carne	29
2.7. Consumo de carne de suíno e segurança alimentar	32
Capítulo 3 - Objetivos	35
Capítulo 4 – Materiais e Métodos	37
4.1. Ensaio experimental	37
4.1.1. Animais	37
4.1.2. Alimentos, regimes alimentares e abates	37
4.1.3. Colheita e preparação das amostras	38
4.2. Procedimento analítico	39
4.2.1. Parâmetros físico-químicos e tecnológicos	39
4.2.1.1. Matéria seca	39
4.2.1.2. Proteína total	40
4.2.1.3. Colagénio total e solúvel	41
4.2.1.4. Lípidos totais	43
4.2.1.5. pH	43
4.2.1.6. Pigmentos totais	43
4.2.1.7. Cor	44
4.2.1.8. Perda de água por gotejamento (“drip loss”)	44
4.2.1.9. Perda de água por descongelamento (“thawing loss”)	45
4.2.1.10. Perda de água por cozedura (“cooking loss”)	45
4.2.2. Parâmetros reológicos – Perfil de textura	46
4.2.2.1. Força de corte Warner-Bratzler (WBSF)	46
4.2.2.2. Análise de perfil de textura (TPA)	47
4.3. Análise estatística	48
Capítulo 5 – Resultados	49
5.1. Características zootécnicas e físico-químicas no peso de abate aos 65 kg	49
5.1.1. Dados de crescimento e carcaça	49
5.1.2. Características físico-químicas da gordura subcutânea dorsal	51
5.1.3. Características físico-químicas nos tecidos musculares: <i>Longissimus lumborum</i> e <i>Semimembranosus</i>	51
5.2. Características zootécnicas e físico-químicas no peso de abate aos 150 kg	55
5.2.1. Dados de crescimento e carcaça	55
5.2.2. Características físico-químicas da gordura subcutânea dorsal	56
5.2.3. Características físico-químicas nos tecidos musculares: <i>Longissimus lumborum</i> , <i>Semimembranosus</i> e <i>Gluteus medius</i>	57
Capítulo 6 – Discussão de resultados	63
6.1. Efeito do genótipo na idade ao abate aos 65 kg	63
6.1.1. Nas características zootécnicas	63
6.1.2. No tecido adiposo subcutâneo	64

6.1.3. No tecido muscular.....	64
6.2. Efeito do genótipo na idade ao abate de 150 kg	67
6.2.1. Nas características zootécnicas.....	67
6.2.2. No tecido adiposo subcutâneo	68
6.2.3. No tecido muscular.....	69
Capítulo 7 - Conclusões finais e perspectivas futuras	75
Capítulo 8 – Referências Bibliográficas	77

Índice de Figuras

Figura 2.1 - Porco alentejano adulto em regime extensivo (Montado) (ACPA, 2018).	4
Figura 2.2 - Evolução do efetivo da raça de porco Bísaro entre 1995 e 2018 (ANCSUB, 2018).6	6
Figura 2.3 - Porca Bísaro adulta (ANCSUB; 2018).	6
Figura 2.4 - Estrutura da fibra muscular do tecido muscular esquelético (Tortora e Derrickson, 2009)	14
Figura 2.5 - Diagrama de cor do sistema CIELAB ($L^*a^*b^*$) (https://www.nippondenshoku.co.jp/web/english/colorstory/07_what_is_ucs.htm)	25
Figura 4.1 - Amostra de gordura subcutânea dorsal em cadinho de alumínio no exsiccador (a). Amostra de músculo em cadinho no exsiccador (b).	40
Figura 4.2 - Tubos com amostra de colagénio total após incubação em banho-maria a 60°C. 42	42
Figura 4.3 - Amostras de colagénio solúvel após incubação em banho-maria a 60°C.	42
Figura 4.4 - Balões com amostra + acetona e água destilada (a), Filtração para tubos de ensaio das amostras (b).	44
Figura 4.5 - Cozimento das amostras de em banho-maria a 70°C (a). Amostras de músculo após cozedura (b).	45
Figura 4.6 - Corte de força de cisalhamento com lâmina Warner Bratzler “V”, em texturómetro no momento que a lâmina alcança a amostra.	46
Figura 4.7 – Imagem de gráfico obtido através de texturómetro de força de cisalhamento Warner-Bratzler.	47
Figura 4.8 - Exemplo de gráfico obtido de espectro de textugrama de TPA (a). Demonstração do teste de TPA com sonda cilíndrica de 2mm de diâmetro (b).	48

Índice de Tabelas

Tabela 4.1 - Composição química das dietas comerciais consumidas pelos porcos Alentejanos (AL), Bísaros (BI), ALBI e BIAL abatidos aos 65 e aos 150 kg de peso vivo.	38
Tabela 5.1 - Dados de crescimento dos porcos Alentejano (AL) (n=20), Bísaro (BI) (n=19), ALBI (n=20) e BIAL (n=20) aos 65 kg de peso vivo.	49
Tabela 5.2 - Características de carcaça e suas peças dos porcos Alentejano (AL) (n=10), Bísaro (BI) (n=10), ALBI (n=10) e BIAL (n=10) abatidos aos 65 kg de peso vivo.	50
Tabela 5.3 - Composição química, e parâmetros de cor da gordura subcutânea dorsal dos porcos Alentejano (AL) (n=10), Bísaro (BI) (n=10), ALBI (n=10) e BIAL (n=10) abatidos aos 65 kg de peso vivo.	51
Tabela 5.4 - Composição química, pH, perdas de água e parâmetros de cor do m. <i>Longissimus lumborum</i> dos porcos Alentejano (AL) (n=10), Bísaro (BI) (n=10), ALBI (n=10) e BIAL (n=10) abatidos aos 65 kg de peso vivo.	52
Tabela 5.5 - Parâmetros reológicos de força de cisalhamento Warner-Bratzler do m. <i>Longissimus lumborum</i> dos porcos Alentejano (AL) (n=10), Bísaro (BI) (n=10), ALBI (n=10) e BIAL (n=10) abatidos 65 kg de peso vivo.	53
Tabela 5.6 - Composição química, pH e parâmetros de cor do m. <i>Semimembranosus</i> dos porcos Alentejano (AL) (n=10), Bísaro (BI) (n=10), ALBI (n=10) e BIAL (n=10) abatidos aos 65 kg de peso vivo.	54
Tabela 5.7 - Dados de crescimento dos porcos Alentejano (AL) (n=9), Bísaro (BI) (n=9), ALBI (n=9) e BIAL (n=9) abatidos aos 150 kg de peso vivo.	55
Tabela 5.8 - Características de carcaça e suas peças e dos porcos Alentejano (AL) (n=9), Bísaro (BI) (n=9), ALBI (n=9) e BIAL (n=9) abatidos aos 150 kg de peso vivo.	56
Tabela 5.9 - Valores da composição química e parâmetros de cor da gordura subcutânea dorsal dos porcos Alentejano (AL) (n=9), Bísaro (BI) (n=9), ALBI (n=9) e BIAL (n=9) abatidos aos 150 kg de peso vivo.	57
Tabela 5.10 - Composição química, pH, perdas de água e parâmetros de cor do m. <i>Longissimus lumborum</i> dos porcos Alentejano (AL) (n=9), Bísaro (BI) (n=9), ALBI (n=9) e BIAL (n=9) abatidos aos 150 kg de peso vivo.	58
Tabela 5.11 - Parâmetros reológicos de força de cisalhamento Warner-Bratzler e perfil de textura do m. <i>Longissimus lumborum</i> dos porcos Alentejano (AL) (n=9), Bísaro (BI) (n=9), ALBI (n=9) e BIAL (n=9) abatidos 150 kg de peso vivo.	59
Tabela 5.12 - Composição química, pH e parâmetros de cor do m. <i>Semimembranosus</i> dos porcos Alentejano (AL) (n=9), Bísaro (BI) (n=9), ALBI (n=9) e BIAL (n=9) abatidos aos 150 kg de peso vivo.	60
Tabela 5.13 - Composição química, pH e parâmetros de cor do m. <i>Gluteus medius</i> dos porcos Alentejano (AL) (n=9), Bísaro (BI) (n=9), ALBI (n=9) e BIAL (n=9) abatidos 150 kg de peso vivo.	61

Abreviaturas

ACEPA - Agrupamento Complementar de Empresas do Porco Alentejano

ACPA – Associação de Criadores de Porco Alentejano

ADF - Fibra em detergente ácido

AG – Ácidos gordos

AGMI – Ácidos Gordos Monoinsaturados

AGPI – Ácidos Gordos Polinsaturados

AGS – Ácidos Gordos Saturados

AL – Genótipo Alentejano

ALBI – Genótipo Alentejano x Bísaro

ANCPA – Associação Nacional dos Criadores do Porco Alentejano

ANCSUB - Associação Nacional de Criadores de Suínos da Raça Bísara

BI – Genótipo Bísaro

BIAL – Genótipo Bísaro x Alentejano

DFD - Carne escura, dura e seca

DOP - Denominação de origem protegida

GIM – Gordura intramuscular

GM - músculo *Gluteus medius*

GSD – Gordura Subcutânea Dorsal

HDL - Lipoproteína de alta densidade

ICAAM - Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrâneas

IGP - Indicação Geográfica Protegida

INE- Instituto Nacional de Estatística

LDL - Lipoproteína de Baixa densidade

LL - músculo *Longissimus lumborum*

MS – Matéria Seca

NDF - Fibras em detergente neutro

PDH - Enzima piruvato desidrogenase

PSE – Carne pálida, mole e exsudativa

PV – Peso vivo

SM – músculo *Semimembranosus*

T- Túbulos transversais

Capítulo 1 – Introdução

Em Portugal, o porco Alentejano (AL) e o porco Bísaro (BI) são as duas principais raças de suínos autóctones. Têm origem em ancestrais distintos pertencentes ao tronco Ibérico (maior deposição de gordura) e Celta (menor deposição de gordura), respetivamente (Muñoz *et al.*, 2017). Há cem anos atrás, o porco Alentejano era a raça mais comum em Portugal, e na primeira metade do século XX ambas as raças apresentavam uma forte população. Contudo, estas populações sofreram um declínio, quase chegando à extinção nos anos 1950-1990. A partir dos anos 90, as raças locais foram resgatadas e as suas populações recuperaram nos últimos 20 anos. Dados atuais indicam que a nível nacional há 6464 porcas e 510 porcos não castrados de raça Alentejana distribuídos por 137 criadores (ACEPA, 2017). Para a raça Bísara há 5581 porcas e 632 porcos não castrados, distribuídos por 175 criadores (ANCSUB, 2018). Quanto ao território, no Sul predomina o porco Alentejano e no Norte o Bísaro. Segundo registos antigos, ambas as raças coabitaram no Ribatejo, tendo cruzado entre si, levando ao surgimento do porco Ribatejano. Os produtos transformados resultantes destes animais eram bastantes apreciados e a qualidade da carne elevada, devido ao sistema de criação extensiva em Montados (Charneca *et al.*, 2016).

Os produtos transformados são elaborados com um processo de cura lenta, onde a secagem e o sal são processos essenciais para a estabilidade microbiológica, desenvolvimento da estrutura ideal e para dar sabor. O sal afeta a composição de compostos voláteis através de reações químicas e bioquímicas, como lipólise e proteólise (degradação de lípidos e proteínas, respetivamente) e dessa forma ajuda a promover o aroma característico dos produtos. No caso do porco de raça Alentejana, um dos fatores que é determinante para a qualidade da carne e produtos cárneos é o teor de lípidos e a sua composição. Os lípidos são fundamentais para a génese e solubilização dos compostos voláteis que se formam durante a cura dos produtos. A composição lipídica dos produtos provenientes de raças de criação ao ar livre com alimentação proveniente dos produtos de Montado, apresentam altas concentrações de ácido oleico (ómega-9), ácido gordo monoinsaturado que, para além dos seus benefícios ao nível da redução do colesterol das LDL (Lipoproteínas de baixa densidade) e aumento no colesterol das HDL (Lipoproteínas de alta densidade), é também considerado essencial para o amadurecimento e desenvolvimento do sabor de produtos secos transformados (Pugliese e Sirtori, 2012).

Segundo o Instituto Nacional de Estatística (INE) os dados mais atuais (INE, 2018a) indicam que em Portugal a carne de porco é a carne mais consumida, seguida da carne de animais de capoeira.

A modernização da indústria agroalimentar e a crescente procura de conhecimento dos consumidores sobre o que comem, aumentaram a necessidade de medidas de controlo para obter produtos seguros e saudáveis a partir de animais. Na tentativa de proteção da qualidade na Agricultura, bem como de valorização dos produtos diferenciados obtidos, procedeu-se à criação dos conceitos de Denominação de Origem Protegida (DOP) e Indicação Geográfica Protegida (IGP), aplicáveis à carne consumida em fresco e aos seus produtos transformados. O porco Alentejano tem 27 produtos protegidos (4 DOP e 23 IGP) e o porco Bísaro e seus cruzamentos têm 17 (1 DOP e 16 IGP) (Charneca *et al.*, 2017).

A conservação das raças autóctones visa a manutenção da variabilidade genética e a obtenção de vantagens económicas através da produção de produtos de alta qualidade com alto valor para os consumidores (Pugliese, 2012). Com o crescente interesse pelas raças autóctones e sistemas extensivos de produção, e na ausência de dados científicos para avaliar o cruzamento entre as raças autóctones portuguesas, realizaram-se novos estudos sobre estes cruzamentos. Estes estudos têm um interesse não só económico, como também para a manutenção das raças puras, contribuindo para a conservação da biodiversidade (Charneca *et al.*, 2017).

O projeto TREASURE é um projeto multidisciplinar europeu focado no estudo da diversidade de raças locais e sistemas de produção, que estão associados à alta qualidade tradicional dos produtos e à sustentabilidade (Muñoz *et al.*, 2017). Em Portugal, este projeto estudou a qualidade da carne e da carcaça, e também a qualidade de produtos processados de porco Ribatejano, obtidos do cruzamento entre macho AL e fêmea BI (animais ALBI) e entre machos BI e fêmea AL (animais BIAL). Para além dos cruzamentos, foram estudadas as linhas puras AL e BI, como controlo no ensaio. Foram estudados dois pesos ao abate, os 65 kg que são destinados ao consumo de carne fresca e os 150 kg que se destinam à produção de produtos transformados (Charneca *et al.*, 2017).

O objetivo deste trabalho é estudar as raças suínas autóctones Alentejana, Bísara, bem como a Ribatejana (resultante do cruzamento entre Alentejanos e Bísaros) em cruzamento bidirecional, na vertente zootécnica (crescimento, rendimento e composição da carcaça), bem como a qualidade do tecido adiposo e da carne (composição química do tecido adiposo subcutâneo e composição química, características tecnológicas e reológicas do tecido muscular) destinadas a consumo humano.

Capítulo 2 - Revisão Bibliográfica

2.1. O porco Alentejano

2.1.1. História e Importância socioeconómica

O porco Alentejano pertence ao grupo Mediterrânico e partilha a sua origem com o porco Ibérico. No sul de Portugal e Espanha, Alentejo, Extremadura e Andaluzia, há uma extensa produção suína historicamente associada às raças Alentejano e Ibérico, que estão perfeitamente adaptadas ao ambiente e ao uso de recursos alimentares naturais das florestas de sobreiros e azinheiras, como o Montado em Portugal e a “dehesa” em Espanha (Freitas, 2014).

O porco Alentejano tem prevalência em Portugal e a sua produção tem um importante valor económico para a valorização do Alentejo e dos recursos naturais dos Montados (Montenegro *et al.*, 2000). Esta raça tem sido importante como suporte da alimentação humana, quer como fornecedor de carne para consumo em fresco (mais recentemente), quer como fornecedor de matéria-prima para a elaboração de enchidos, mediante vários processos de conservação (tradicionalmente). Dos finais da década de 50 até ao início da década de 90, assistiu-se ao declínio da montanheira e à diminuição do número de porcos, que quase provocou o desaparecimento de algumas raças autóctones portuguesas. Para explicar este declínio surgiram alguns fatores de ordem social, económica, política e sanitária. A desacreditação da utilização de gordura animal (nomeadamente da raça Alentejana) pelas indústrias alimentares de gorduras polinsaturadas de origem vegetal fizeram diminuir o consumo destes animais, facto que foi ajudado pelo aparecimento da peste suína africana, que contribuiu para a redução da sua população. Por outro lado, o êxodo rural no início dos anos 60 levou a um aumento de custos que tornou de alguma forma inviável a manutenção dos Montados nos moldes tradicionais. Juntamente com a quebra dos preços dos produtos florestais e a crescente mecanização ditou-se a regressão dos Montados, e consequentemente a suinicultura em regime extensivo (ANCPA, 2017). A partir da década de 90, com o desaparecimento do foco da peste suína africana, e com o facto de a dieta Mediterrânica ser por muitos autores considerada saudável, começa a surgir um novo interesse nos seus produtos, com um aumento significativo do seu consumo em carne e produtos cárneos de alta qualidade (enchidos e presuntos). Tal situação levou ao interesse na preservação e melhoramento da raça. Atualmente, para além das qualidades organoléticas, há a consciencialização dos benefícios da dieta mediterrânica (onde se incluem a carne e produtos transformados de porco Alentejano), cujos produtos ricos em ácidos gordos como o oleico (monoinsaturado), têm um

efeito benéfico na diminuição do colesterol total, triacilgliceróis e LDL (Elias *et al.*, 2000)., aumentando as concentrações de HDL (Pugliese e Sirtori, 2012).

2.1.2. Características da raça

O porco Alentejano caracteriza-se morfologicamente por apresentar corpulência pequena a média, de esqueleto aligeirado. A cabeça é comprida e fina, com orelhas pequenas e igualmente finas, de forma triangular, dirigidas para a frente, com a ponta ligeiramente lançada para fora, de pescoço musculado. O tronco é pouco arqueado com ventre descaído, de membros médios e delgados, o que lhe proporciona andamentos ágeis e elásticos. A pele é preta ardósia com cerdas raras, finas, de cor preta ou ruiva (Figura 2.1) (ACPA, 2018). A raça é caracterizada por ter temperamento vivo (ANCPA, 2017). Do ponto de vista nutricional, a grande diferença do porco Alentejano é a qualidade da gordura. Ao contrário de outras gorduras de origem animal, esta é bastante insaturada, com perfis de monoinsaturação bastante elevados, o que favorece e/ou previne as doenças cardiovasculares. O porco Alentejano é um animal de crescimento lento e necessita de idade para possuir estrutura de engorda. Por outro lado, necessita de ter a estrutura muscular exercitada antes de iniciar a engorda em montanha (Muñoz *et al.*, 2017).



Figura 2.1 - Porco alentejano adulto em regime extensivo (Montado) (ACPA, 2018).

2.1.3. Sistema de produção

Em relação ao sistema de produção tradicional do porco Alentejano, destacam-se dois pontos fundamentais: a alimentação e a extensificação. A alimentação é baseada em cereais, leguminosas e pastagens. A extensificação permite o aproveitamento das pastagens e o animal depende praticamente dos recursos naturais, com consumo de erva e produtos de azinheiras e

sobreiros, ricos em lípidos insaturados e fibras, indispensáveis para as características da carne e para a matéria-prima de enchidos e presunto. A fase de crescimento, que representa cerca de 12 a 15 meses, passa pelo aproveitamento das ervas de outubro até à primavera e restolhos de verão. A fase de acabamento é caracterizada por uma grande disponibilidade energética, que começa quando os animais atingem 15 a 18 meses com um peso de 60 a 90 kg (outubro-novembro), e estende-se até que os recursos do Montado estejam disponíveis (fevereiro-março), altura em que atingem o peso aproximado de 150kg (Cancela d'Abreu *et al.*, 2000).

Os períodos de alternância de abundância e escassez de alimento geram uma grande heterogeneidade de animais e um crescimento insuficiente da massa muscular em idade jovem, que vai ter consequências na composição no momento do abate. Para melhorar esse fator, nas épocas em que não existe bolota, a alimentação é baseada em cereais e/ou rações compostas de elevada qualidade, com níveis proteicos adequados, melhorando assim a *performance* zootécnica (Montenegro *et al.*, 2000).

O porco Alentejano apresenta uma gestação curta (111-112 dias) e uma baixa prolificidade (7,8 leitões) (Charneca *et al.*, 2017). Os leitões são desmamados aos 45-60 dias de vida com 10-14 kg de peso (Freitas, 2014). Os animais são separados em 3 categorias, porcas reprodutoras, porcos em crescimento e porcos de engorda. As porcas reprodutoras e os porcos em crescimento pastam durante o dia e são suplementados com rações quando necessário (Tirapicos Nunes *et al.*, 2000).

O porco Alentejano é pouco exigente em instalações e insere-se naturalmente nos planos de extensivo. O animal é obrigado a efetuar exercício, e o andamento permite uma melhor oxigenação dos músculos conferindo-lhes uma coloração mais viva e favorece a infiltração da gordura (ANCPA, 2017).

2.2. O porco Bísaro

2.2.1. História e Importância socioeconómica

Os porcos do tronco Celta, onde se inclui o Bísaro, têm origem no norte da Península Ibérica: Minho, Trás-os-Montes e Alto Douro em Portugal e Galiza na Espanha (Charneca *et al.*, 2017). Estabilizaram-se no norte de Portugal, vindos da Galiza. No norte interior de Portugal foram feitos trabalhos com porcos tradicionais de quinta, que apresentaram animais com variabilidade genética como cor, forma e posição das orelhas, e tamanho e linha dorsal, características do porco Bísaro ancestral (Santos e Silva *et al.*, 2000a). Segundo a ANCSUB (2018), registos de 1870 indicam que o Bísaro é o nome dado ao porco “esgalgado pernalto e

de orelhas pendentes” das províncias do Norte de Portugal, distinguindo-se do porco “roliço e pernicurto” do Alentejo.

Em Portugal, a raça Bisara está reduzida a um baixo número de animais, restrita ao norte de Portugal (Guerreiro-Pereira *et al.*, 2000), mas as boas práticas de pecuária permitiram que esta raça autóctone recuperasse o seu efetivo nos últimos anos (Figura 2.2) (ANCSUB, 2018).

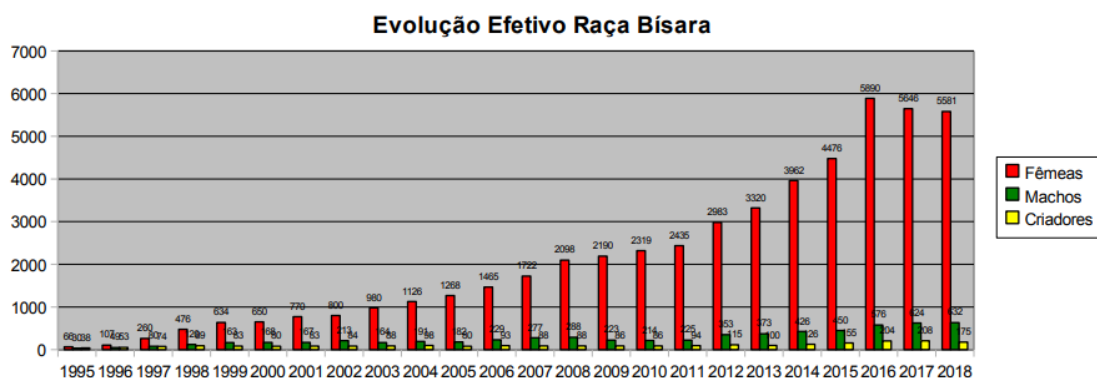


Figura 2.2 - Evolução do efetivo da raça de porco Bísaro entre 1995 e 2018 (ANCSUB, 2018).

Atualmente, segundo dados da ANCSUB (2018), o efetivo reprodutor é de cerca de 5581 fêmeas e 632 machos, espalhados por 175 explorações, situadas nas regiões de Trás-os-Montes, Minho, Beira Interior e Beira Litoral.

2.2.2. Características da raça

O Bísaro caracteriza-se morfologicamente por ter cabeça espessa, corpo comprido, grande e flácido, e dorso arqueado, com exemplares a atingir o 1,5 m de comprimento e 1 m de altura. As orelhas são caídas e longas, o focinho é longo, convexo ou arqueado atrás, as pernas compridas e pouco musculadas, a pele grossa e com cerdas compridas e grossas, apresentando várias colorações da pelagem, sendo maioritariamente pretos, podendo também ser brancos ou malhados (Figura 2.3) (ANCSUB, 2018).



Figura 2.3 - Porca Bísaro adulta (ANCSUB; 2018).

O seu crescimento é lento, ainda que mais rápido que o do Alentejano. A carcaça tem uma proporção maioritariamente de músculo para além de muita pele e osso, o que lhes garante uma carne magra e com pouca gordura, predominantemente intramuscular, e com toucinho baixo, com sabor rico derivado da sua alimentação variada (Santos e Silva *et al.*, 2000a).

Quanto às características reprodutivas, o Bísaro é altamente prolífico, com ninhadas a rondar os 15 leitões ou mais. De temperamento bastante dócil, movimentos vagarosos e pouco graciosos (ANCSUB, 2017).

2.2.3. Sistema de produção

O sistema de produção do porco Bísaro assemelha-se ao do porco Alentejano, um sistema de extensivo ou semi-extensivo, inicialmente com alimentação baseada em produtos provenientes das próprias quintas (tubérculos, frutas ou vegetais) e com rações complementadas com outros produtos adequados às variadas fases de crescimento, como a lactação ou desmame de leitões (Santos Silva, 2012). O sistema em extensivo ao ar livre permite aos animais percorrerem áreas consideráveis aproveitando as ervas e pasto das regiões, assim como as bolotas provenientes dos sobreiros, tendo acesso a abrigos e maternidades. No sistema semi-extensivo, os animais encontram-se em parques com condições de bem-estar garantidas. O porco Bísaro é explorado em quatro vertentes diferentes, ou seja, criação de porcas reprodutoras, de varrascos, de leitões e de porcos de engorda. Atualmente, a carne de porco Bísaro é bastante valorizada como carne de Bísaro transmontano DOP e como matéria-prima do fumeiro regional certificado como IGP (ANCSUB, 2017).

Tradicionalmente o desmame dos leitões BI ocorre aos 40-45 dias, mas como o consumo de leitão é comum, 70% dos leitões são abatidos com 8-12 kg. O porco Bísaro tem duas fases de crescimento, um crescimento moderado até aos 70-75 kg e uma fase de acabamento com dietas variadas, dependendo da disponibilidade de comida. Após a fase de acabamento, os animais podem ser abatidos dos 120 aos 180 kg, dependendo do tipo de alimento, disponibilidade e destino final de consumo (Charneca *et al.*, 2017).

2.3. O porco Ribatejano

O porco Ribatejano (RI) surgiu do cruzamento do AL com o BI, devido a cruzamentos aleatórios na zona do Ribatejo, dos quais se obtinham produtos muito apreciados. O porco Ribatejano tem dois genótipos, através do cruzamento entre macho AL e fêmea BI produzindo leitões ALBI e o cruzamento entre macho BI e fêmea AL que produz leitões BIAL (Charneca *et al.*, 2016). Não existe nenhum estudo científico em relação aos parâmetros zootécnicos e à qualidade da carne e produtos transformados destes cruzamentos. Surge assim a intencionalidade de estudar a possível utilização do porco Ribatejano como contributo para aumentar as receitas dos produtores de suínos, criando produtos novos e economicamente interessantes (Martins *et al.*, 2018). Ao mesmo tempo, tal situação ajudará à manutenção ou aumento das duas populações de raças puras, contribuindo para a conservação da biodiversidade animal, fundamental para a produção eficiente e sustentável de alimentos a partir da ampla variedade de condições de produção e para atender às necessidades muito diferentes das sociedades humanas. Por fim, é de referir que os animais criados em sistemas ao ar livre apresentam uma maior infiltração de gordura no músculo, ou seja melhoram o teor de gordura intramuscular, aumentando a suculência da carne (Tejerina *et al.*, 2012).

2.4. O tecido adiposo

O tecido adiposo, também denominado por gordura, é um dos constituintes da carcaça de um animal e é um fator importante na determinação da qualidade da carcaça e da carne, juntamente com o tecido muscular e osso, constituindo assim a composição tissular. A gordura pode ser dividida em duas componentes de maior importância no animal, a gordura subcutânea (toucinho) e a gordura intramuscular (GIM) localizada no interior do músculo. O tecido adiposo tem como principais funções a reserva de energia, proteção e ser bom isolante térmico (Amorim *et al.*, 2015).

2.4.1. Estrutura e composição química

O tecido adiposo é quimicamente constituído por 75-80% de lípidos, 5 a 15% de água e uma pequena proporção de proteínas e colagénio, constituintes do tecido conjuntivo. A nível celular, o tecido adiposo é constituído por adipócitos, ricos em lípidos neutros, pré-adipócitos ainda não diferenciados, adipoblastos (percursores de adipócitos), células conjuntivas e endoteliais, e nervos (Silva, 2016).

O tecido adiposo pode ser classificado em dois tipos, tecido adiposo branco (amarelo) e tecido adiposo castanho, sendo que o tecido adiposo branco é o mais abundante. Este tipo de

tecido adiposo é branco ao nascimento do animal, mas com o crescimento e a alimentação ele torna-se amarelo, devido por exemplo, à acumulação de carotenos, um pigmento vegetal (fonte de vitamina A) e localiza-se principalmente na gordura subcutânea, cavidade abdominal e em redor dos órgãos. O tecido adiposo castanho está localizado em áreas específicas como pescoço e rins e a sua cor resulta de pigmentos de citocromo existentes nas mitocôndrias e também devido à forte irrigação sanguínea. Este tipo de gordura tem a principal função de gerar calor resultante do metabolismo oxidativo das moléculas lipídicas, desempenhando um papel importante na regulação da temperatura (Seeley *et al.*, 2005).

A gordura subcutânea está dividida em duas a três capas, perfeitamente separadas por uma malha de tecido conjuntivo, sendo a capa interna ligeiramente mais rica em lípidos com maior proporção de ácidos gordos (AG) saturados enquanto na capa externa predominam os insaturados. No porco Alentejano observa-se a formação de uma quarta capa em porcos acima dos 120 a 130 kg PV (Neves, 1998).

O adipócito é a unidade funcional do tecido adiposo e a sua principal função é o armazenamento de energia na forma de triacilgliceróis (ácidos gordos esterificados). Os adipócitos têm uma grande quantidade de lípidos, que se localizam no centro da célula, rodeados por uma fina camada de citoplasma. Os lípidos ocupam menos espaço por caloria do que os glúcidos e as proteínas e por isso o tecido adiposo tem uma maior capacidade de armazenamento de energia (Seeley *et al.*, 2005).

Os lípidos têm uma importante função nutricional pois incluem na sua composição AG essenciais, são uma grande fonte de calorias e são transportadores de vitaminas lipossolúveis. Do ponto de vista tecnológico, os lípidos são também responsáveis por conferirem textura e aroma aos alimentos de origem animal como a carne e seus derivados. São insolúveis em água (solúveis em solventes orgânicos) e são subdivididos em lípidos simples, compostos e derivados. Os lípidos simples são maioritariamente óleos e gorduras compostas por ésteres de AG e glicerol (triacilgliceróis), constituindo a maior parte da fração lipídica dos alimentos (95%). Os lípidos compostos incluem os fosfolípidos, constituintes das membranas celulares. Os lípidos derivados resultam da hidrólise de lípidos simples e compostos, como ácidos gordos, hidrocarbonetos e pigmentos (McDonald *et al.*, 2010).

Os AG são constituídos por cadeias de quatro a mais de vinte átomos de carbono ligados a hidrogénio e oxigénio. Podem ter diferentes graus de saturação na cadeia de carbono, sendo classificados em saturados (AGS), sem duplas ligações na cadeia, monoinsaturados (AGMI), se têm uma dupla ligação na cadeia, ou em polinsaturados (AGPI), se tiverem mais do que uma dupla ligação na cadeia. A localização da dupla ligação (insaturação) determina a denominação do ácido gordo, por exemplo, nos AGMI como o ácido oleico, a insaturação está no carbono 9, logo este ácido gordo pode ser também denominado como ómega-9 (Minelli *et al.*, 2012). Os AGPI em que a primeira insaturação está no carbono 3, chamam-se ómega 3 (por exemplo o ácido α -linolénico) e se a insaturação estiver no carbono 6 são os ómega-6 (por

exemplo o ácido linoleico). Estes dois AGPI fazem parte dos ácidos gordos essenciais, ou seja, que o animal não consegue sintetizar e por isso tem de os obter através da alimentação, tendo uma relevante importância a nível fisiológico (Catela, 2013).

A composição lipídica dos tecidos adiposos dos suínos é diretamente influenciada pela composição dos lípidos das dietas, pelo genótipo e pela gordura da carcaça (Dominguez *et al.*, 2012). Apesar das gorduras animais serem caracterizadas por uma maior composição em AGS, vários estudos mostraram que a gordura proveniente dos porcos do tronco ibérico, como o Alentejano, são fortemente insaturadas, constituídas por ácido oleico (Freitas *et al.*, 2007; Pugliese e Sirtori, 2012) melhorando a qualidade da carne (Pires da Costa e Oliveira, 2000). Esta capacidade de deposição em AGMI aumenta geralmente com a idade em porcos autóctones, o que de certo modo influencia também a qualidade dos produtos transformados provenientes destes animais (Pugliese e Sirtori, 2012), melhorando a sua apreciação como alimento saudável pelo consumidor.

2.4.2. Características funcionais e metabólicas

Nos primeiros meses de vida, o desenvolvimento do tecido adiposo ocorre essencialmente por hiperplasia, sendo que numa fase mais avançada o número de adipócitos permanece constante e o crescimento ocorre por hipertrofia. O metabolismo do tecido adiposo decorre da atividade lipogénica (acumulação de triacilgliceróis nos adipócitos), sendo que esta está diretamente relacionada com a intensidade de deposição de gordura através da hipertrofia, bem como da atividade lipolítica (libertação de triacilgliceróis dos adipócitos). Este metabolismo encontra-se modelado pela expressão de hormonas como insulina, cortisol ou testosterona (Jorge, 2016).

A formação de tecido adiposo pode ser feita por via endógena, por síntese de AG nos adipócitos, ou por via exógena, através da absorção e deposição de lípidos alimentares (Santos *et al.*, 2008). A via exógena de absorção e deposição de lípidos alimentares inicia-se através da sua degradação enzimática e a consequente absorção intestinal de AG livres e mono e diacilgliceróis, que atravessam a mucosa intestinal, reconvertidos em triacilgliceróis e incorporados nos quilomicra (fosfolípidos, colesterol, vitaminas lipossolúveis e proteínas), os quais são transportados pelos vasos linfáticos até aos vasos sanguíneos, onde podem ser novamente hidrolisados em AG livres para serem metabolizados nos respetivos tecidos e órgãos, ou armazenados nos adipócitos (Ikonen, 2008).

A via endógena de síntese de AG é a via mais utilizada na obtenção de AG nos porcos e ocorre essencialmente no tecido adiposo (cerca de 70 a 80%), mas também no fígado (20%). A síntese de AG compreende duas etapas: a conversão do piruvato (obtido por várias vias como por exemplo a glicólise) em acetil-CoA; e a lipogénese, onde o acetil-CoA é convertido

em AG de cadeia longa. Por fim, dá-se a esterificação dos AG pré-formados com o glicerofosfato para formar triacilgliceróis. Os AG de cadeia longa resultantes deste metabolismo sofrem desnaturação por ação de desidrogenases, dando origem a AGI não essenciais (Teixeira, 2015).

Fatores que afetam o tecido adiposo

A variabilidade genética caracteriza-se pelas diferenças entre espécies, raças ou linhagens. Devido ao cruzamento de raças e diferenças entre animais dentro de raças surgem correlações genéticas que vão aumentar a variabilidade, pela segregação de genes principais, como o gene de sensibilidade ao *stress*. Os fatores genéticos interferem na composição de ácidos gordos entre espécies e a carne de porco tem uma elevada relação de AGPI/AGS relativamente a outras espécies, pela ausência de biohidrogenação dos AGS (De Smet *et al.*, 2004).

Gerbens e colaboradores (1999), Piedrafita e colaboradores (2001) e Pérez-Enciso e colaboradores (2000) demonstraram que os fatores genéticos são relevantes nos teores de GIM, espessura do toucinho e no teor lipídico dos músculos e tecido adiposo. Van Asch e colaboradores (2012) encontraram estruturas genéticas idênticas na origem das raças Ibérica e Alentejana, com baixa distância genética das raças da Europa central e porcos selvagens locais, em contraste com o porco Bísaro, justificado pelos registos históricos de cruzamentos extensivos das raças do norte de Portugal com raças britânicas para melhoramento das características reprodutivas. Esse fator poderá ter levado a que as raças a sul tivessem mantido o seu material genético intato. As raças de origem britânica com as quais se cruzaram a raça Bísara antiga, caracterizam-se por rápido desenvolvimento muscular, alta eficiência alimentar e elevada percentagem de carne magra, o que se reflete numa diminuição do pH *post mortem*, baixa retenção de água e palidez da cor da carne (Santos e Silva *et al.*, 2000b). Estas características estão assim na base das diferenças entre as características da carne de porco Bísaro e porco Alentejano, justificadas por fatores genéticos.

A nível molecular, o DNA interage com sinais de outros genes que influenciam o desenvolvimento de uma característica no contexto de um ambiente particular e surgem fenótipos, descritos como a soma da variação genética e ambiental de uma característica, como maciez ou gordura intramuscular (Warner *et al.*, 2010). Num estudo de revisão de parâmetros genéticos para características de qualidade de carne, Marshall (1999) e Burrow e colaboradores (2001) relataram que medidas objetivas da tenrura (força de cisalhamento) e teor de gordura intramuscular foram moderadamente hereditárias, enquanto cor da carne e teor de perda de água foram menos hereditárias, o que sugere uma correlação genética entre a GIM e maciez da carne.

Os fatores genéticos influenciam os processos morfológicos e metabólicos (lipogénese, lipólise), enquanto fatores ambientais como a alimentação permitem limitar a adiposidade da carcaça, através do controlo quantitativo da ingestão alimentar, quer pela restrição alimentar de acordo com o potencial de crescimento do músculo, quer limitando a concentração de energia na alimentação *ad libitum* (Lebret e Faure, 2015; Minelli *et al.*, 2012). A acumulação de gordura nas células adiposas resulta de um balanço entre a deposição dos lípidos alimentares no tecido adiposo (origem exógena), a taxa de síntese de AG dentro das células (síntese endógena) e a taxa de libertação de AG pelo tecido adiposo (lipólise). A atividade lipogénica depende de fatores como a idade, o tipo de tecidos, o sexo e a genética do animal. A temperatura também afeta a forma como os lípidos podem formar peróxidos, levando à deterioração da gordura (Pedro e Murillo, 2000). A ação das hormonas lipolíticas é também um fator regulador da mobilização de reservas lipídicas no tecido adiposo em suínos.

A composição do tecido adiposo depende dos teores em hidratos de carbono e gordura da dieta: se a composição da ração exceder as necessidades energéticas do animal, a síntese endógena é promovida, caracterizando-se por um teor elevado de AGS, mas se as rações tiverem gordura, o teor de AGS diminui e aumenta o dos AGI, uma vez que a síntese endógena de AGS é diminuída pela menor ingestão de hidratos de carbono. A composição dos AG da dieta apresenta também uma função reguladora sobre as enzimas responsáveis pela síntese dos AGS e pela sua dessaturação. Por exemplo, dietas ricas em AGMI como o ácido oleico favorecem a formação de AGMI a partir das reservas de AGS, principalmente o esteárico (Santos *et al.*, 2008).

Comparativamente aos porcos industriais, o porco Alentejano apresenta uma elevada atividade de lipogénese desde os primeiros estágios de desenvolvimento, derivado do seu elevado grau de adiposidade. As percentagens de peças gordas podem atingir mais de 50% do peso da carcaça e a espessura da gordura subcutânea (toucinho) na última costela pode chegar aos 60 mm em animais com 120 kg de peso vivo (Neves *et al.*, 2012).

Diferentes estudos têm-se concentrado no papel dos AG na formação do sabor da carne. O sabor característico da carne cozinhada deriva de reações induzidas termicamente durante o aquecimento, principalmente reações de Maillard e a degradação de lípidos. Durante a oxidação dos AG, as reações ocorrem rapidamente e fornecem um perfil de voláteis que contribuem para os sabores desejáveis. Além disso, os AGI sofrem auto-oxidação muito mais facilmente do que aqueles que estão saturados (Rubio *et al.*, 2012).

2.5. O tecido muscular esquelético

O tecido muscular esquelético é o principal tecido constituinte da carne, constituindo aproximadamente 50% da massa total do corpo dos mamíferos (Motta e Mandarim-de-Lacerda, 2012). O músculo esquelético representa 30 a 65% do peso final da carcaça e é constituído por cerca de 40 a 45% das proteínas totais do organismo. Estas percentagens podem variar consoante a adiposidade do animal, tendendo a ser menor para animais mais gordos. O crescimento do tecido muscular deve-se a dois processos biológicos fundamentais: a deposição proteica e a proliferação celular. O processo de deposição proteica depende do balanço entre a síntese e a degradação proteica, tanto para o crescimento hipertrófico (volume) como hiperplásico (número de células) (Monteiro *et al.*, 2018).

2.5.1. Composição química

Segundo vários autores, a composição média do tecido muscular em suínos apresenta 73 a 75% de água, 19 a 20% de proteína e 2 a 6% de lípidos, além de 1 a 1,2% de glúcidos (essencialmente glicogénio no músculo vivo), 1,6% de compostos azotados não proteicos e 0,7 a 1% de outras substâncias (minerais, vitaminas), com um nível energético relativamente baixo, cerca de 147 Kcal/100g de carne (Dill, 2010; Terlouw, 2005). O crescimento do animal implica mudanças químicas, bioquímicas e físicas no tecido muscular, principalmente devido ao aumento do conteúdo lipídico intramuscular. Essas mudanças afetam a composição química bruta, uma vez que, o processo de crescimento afeta a deposição de proteína e principalmente gordura, induzindo mudanças na composição química muscular que influenciam a sua qualidade global, através da quantidade de GIM.

Para porcos de raça Alentejana criados em diferentes condições alimentares e ambientais, vários autores (Martins *et al.*, 2015; Neves *et al.*, 2012) obtiveram valores de composição química para o músculo de: 67,2 a 72,8% de humidade, 21,9 a 23,8% de proteína e 2,4 a 6,7% de lípidos neutros.

2.5.2. Estrutura do músculo esquelético

O tecido muscular esquelético é composto por centenas a milhares de células e a sua unidade estrutural são as fibras musculares, que podem chegar a ter 34 cm de comprimento, variando o seu diâmetro de 10 a 100 μm (Forrest *et al.*, 1975).

As fibras musculares são formadas pela fusão de pequenas células precursoras, os mioblastos, perdendo a capacidade de se submeter à divisão celular. O número de fibras musculares esqueléticas é definido antes do nascimento, e a maioria dessas células dura toda a vida do animal. O crescimento muscular após o nascimento ocorre essencialmente por hipertrofia, e não por hiperplasia. Alguns mioblastos persistem no músculo esquelético maduro como células satélites que mantêm a capacidade de se fundirem umas com as outras ou com fibras musculares danificadas para as regenerar. No entanto, a regeneração do músculo esquelético é limitada, e quando o número de novas fibras musculares formadas não é suficiente para compensar o dano ou a degeneração do músculo esquelético, este sofre fibrose (tecido cicatricial fibroso) (ver Figura 2.4) (Tortora e Derrickson, 2009).

Os múltiplos núcleos de uma fibra muscular esquelética estão localizados logo abaixo do sarcolema, a sua membrana plasmática. Milhares de pequenas invaginações do sarcolema, chamadas de túbulos transversais (T), penetram da superfície em direção ao centro de cada fibra muscular. Estes túbulos T apresentam uma função importante na propagação dos potenciais de ação muscular ao longo do sarcolema, conduzindo-o rapidamente pela fibra muscular. Dentro do sarcolema está o sarcoplasma, o citoplasma da fibra muscular. O sarcoplasma contém uma quantidade significativa de glicogénio (conjunto de moléculas de glicose), usado para a síntese de ATP. Para além disso, o sarcoplasma contém pequenas estruturas contrácteis, as miofibrilhas que se estendem por toda a extensão de uma fibra muscular (Kerth, 2013). Cada miofibrila é envolta pelo retículo sarcoplasmático e é composta por filamentos finos (actina) e grossos (miosina) que estão diretamente envolvidos no processo de contração muscular. Estes filamentos estão dispostos em sarcómeros (Figura 2.4), as unidades funcionais básicas de uma miofibrilha (Forrest *et al.*, 1975; Pearson, 2012). Um sarcómero é separado de outro por regiões estreitas e de material proteico denso chamados discos Z. A miosina e actina sobrepõem-se consoante o estado de contração do músculo, resultando numa variedade de zonas e bandas. A parte central mais escura do sarcómero é a banda A, que se estende por todo o comprimento da miosina. A banda I é uma área menos densa, que contém exclusivamente filamentos de actina. As proteínas de suporte formam a linha M, assim chamada porque está no meio do sarcómero (Tortora e Derrickson, 2009).

2.5.3. Características funcionais e metabólicas

A proporção relativa do tipo de fibras num músculo é um fator importante relacionado com a qualidade da carne em suínos (Andrés *et al.*, 2000). As fibras são principalmente classificadas com base na sua atividade metabólica, como glicolíticas (metabolismo anaeróbio) ou oxidativas (metabolismo aeróbio) (Lee *et al.*, 2010; Lefaucheur, 2010).

Nas fibras tipo I, onde predomina o metabolismo aeróbio, são exibidas contrações mais lentas e estão presentes um maior número de mitocôndrias e mioglobina (fibras vermelhas). Nas fibras tipo II, onde predomina o metabolismo anaeróbio, a contração é rápida e existe um menor número de mitocôndrias e menor teor em mioglobina (fibras brancas). Por outro lado, as

denominadas fibras intermédias apresentam características intermédias entre as fibras vermelhas e brancas. As fibras do tipo II subdividem-se em IIA e IIB, tendo as IIA uma boa capacidade para o metabolismo aeróbio, associado às suas características de contração rápida, ao invés das IIB que obtêm energia para as suas contrações a partir do metabolismo anaeróbio (Lee *et al.*, 2010). Inicialmente, as fibras do tipo IIA são oxidativas, mas têm a capacidade de alterar o seu metabolismo aeróbio para anaeróbio. Esta transformação ocorre principalmente devido a alterações nas enzimas produtoras de energia e é acompanhada por um aumento rápido no tamanho das fibras. As fibras do tipo I mantêm o seu metabolismo aeróbio durante toda a vida (Tortora e Derrickson, 2009).

O tipo de fibra muscular influencia o teor em fosfolípidos totais e a concentração de AGPI presentes na mesma. Por outro lado, a composição de AG constituintes dos fosfolípidos influencia a estabilidade oxidativa da carne, uma vez que quanto maior a percentagem de AGPI, maior será a suscetibilidade à oxidação. Por consequência, variações no tipo de fibra muscular podem conduzir a alterações na estabilidade oxidativa da carne durante o processo de armazenamento ou no fenómeno de oxidação lipídica durante o processamento da carne (Estévez e Cava, 2004). Fatores como o sistema de produção e a composição em AG da dieta, o conteúdo de α -tocoferol da dieta ou o cruzamento entre raças, podem afetar a composição de AG presentes nos fosfolípidos e assim a estabilidade oxidativa da carne. Alguns destes fatores podem afetar tanto o tipo de fibras musculares como também a sua proporção no músculo (Andrés *et al.*, 2000).

Animais criados num sistema extensivo apresentam uma concentração maior de fibras oxidativas quando comparados com animais criados num sistema intensivo. Músculos com uma maior quantidade de fibras do tipo oxidativo apresentam uma maior concentração de gordura intramuscular, devido à sua capacidade de usar os AG como fonte de energia (Andrés *et al.*, 2001). Por outro lado, e segundo Wu e colaboradores (2015), os animais de crescimento rápido apresentam uma maior percentagem de fibras musculares do tipo glicolítico. Durante o crescimento, a percentagem de fibras vermelhas tende a diminuir e a percentagem de fibras do tipo glicolítico aumenta. A conversão das fibras musculares ocorre predominantemente até às 2 semanas após o nascimento. A composição das fibras musculares tende a não se alterar significativamente durante o período de engorda, no entanto o número de fibras do tipo IIB aumenta. O aumento do tamanho das fibras, especialmente das fibras do tipo IIB, parece reduzir a capacidade das fibras musculares em se adaptarem às exigências induzidas pela atividade, que estão muitas vezes associadas a diversos efeitos na suscetibilidade ao *stress* e à qualidade da carne (Choi *et al.*, 2017). O porco Alentejano criado em extensivo apresenta nas primeiras etapas de vida um conteúdo de fibras oxidativas (vermelhas) maior que o de outras raças. Estas modificações funcionais das fibras, resultantes do aumento da proporção dessas fibras, refletem-se, por um lado na cor mais escura da carne (maior presença de mioglobina no

músculo) (Lawrie e Ledward, 2014) e por outro, na evolução *post-mortem* do pH que está inversamente relacionado com o número de fibras musculares do tipo IIB (Silva, 2016).

Os músculos estudados neste trabalho foram o *Longissimus lumborum* (LL), o *Semimembranosus* (SM) e o *Gluteus medius* (GM).

O LL faz parte do grupo de músculos da coluna vertebral que se estende ao longo de todo o dorso do animal desde a pélvis até a meio do pescoço. Dentro deste grupo encontra-se o músculo *Longissimus* que se divide de acordo com a região dorsal (*cervicis*, *thoracis* e *lumborum*). Este músculo é o mais longo e largo do corpo, alongando-se desde o coxal, passando pelas vertebrae lombares e torácicas, até às últimas vertebrae cervicais. Na secção lombar encontra-se a porção do músculo *Longissimus lumborum* (Goldfinger, 2004). O LL apresenta uma cor estável na sua dimensão e todos os parâmetros relacionados com as características da cor encontram-se sobre expressos neste músculo (Paredi et al., 2012). O LL é o maior músculo dos cortes com valor comercial (lombo) e é utilizado para estudo das características da carcaça como indicador do desenvolvimento muscular. O LL é recomendado para medidas padronizadas de pH, assim como para medida de área de lombo, e a espessura de gordura subcutânea da carcaça é medida ao longo do seu trajeto na carcaça (Da Cruz, 2013).

O músculo *Semimembranosus* (SM) faz parte do grupo dos músculos da coxa, mais precisamente do grupo de músculos posteriores, localizando-se na região pósterio-inferior da coxa. Este músculo tem origem na tuberosidade isquiática e insere-se no côndilo medial do fémur e abaixo do côndilo medial da tibia (Dyce et al., 2010). Assim como o LL, o SM é utilizado para determinar a qualidade da carne pelas medições de pH, com o SM a apresentar geralmente valores superiores aos do LL (Rübensam, 2000). Em relação aos cortes de valor comercial da carne suína, o SM pertence aos cortes da perna e presunto, constituintes do membro pélvico (Costa, 2015).

O músculo *Gluteus medius* (GM) pertence ao grupo de músculos externos da coxa, extensores da articulação da zona glútea. Este músculo é o mais importante desta região, sendo, contudo, de pequenas dimensões. Está revestido pela fáscia glútea e parcialmente pelo glúteo superficial. Tem origem na face glútea da asa do ílio e insere-se no fémur. Tem como função a extensão do quadril (Dyce et al., 2010). O músculo *Gluteus medius* é um dos músculos que constituem a porção superior e mais exterior das peças de presunto (Barbosa, 2017).

Os três músculos referidos acima são classificados com músculos brancos por causa do grande número de fibras brancas (baixo teor em mioglobina) na sua constituição, com alto potencial glicolítico, o qual poderá afetar a qualidade da carne (Rübensam, 2000).

2.5.4. Transformação do músculo em carne

O metabolismo *post mortem* que ocorre durante a conversão de músculo em carne tem grande impacto na qualidade final da carne. Após a morte do animal ocorrem alterações na rigidez do músculo e na diminuição do pH. A paragem da circulação sanguínea termina o fornecimento de oxigénio ao músculo e este sofre anoxia, levando a que a estrutura muscular fique desorganizada, dependendo exclusivamente das suas reservas energéticas (metabolismo glicolítico anaeróbio). O músculo converte o glicogénio existente em ácido láctico, em condições de anaerobiose, na tentativa de manter o nível de ATP. Com a consequente produção de ácido láctico o pH do músculo sofre uma descida de cerca de 7,2 para 5,5 - 5,7, dependendo do genótipo, tipo muscular, alimentação, “stress”, processo de abate e espécie (Honikel, 1998; Lametsch *et al.*, 2011).

Esta descida de pH gera a desnaturação das proteínas e a inibição de enzimas, impossibilitando a glicólise. Quando o ATP do meio deixa de ser re-sintetizado, a actina e a miosina do músculo ligam-se, formando o complexo actina-miosina, iniciando-se assim o processo de *rigor mortis* que provoca a dureza muscular (Monin, 2000). No início do *post mortem*, o espaçamento dos miofilamentos aumenta devido a uma diminuição no comprimento dos sarcómeros como resultado da contração longitudinal induzida pelo *rigor mortis* (encurtamento do sarcómero) (Pearce *et al.*, 2011).

Quando associada a altas temperaturas, para além de acelerar o processo de inativação das enzimas já mencionado anteriormente, a diminuição do pH leva à oxidação da oximioglobina, causando alterações na cor. Estas estão na origem das carnes escuras, duras e secas (“dark, firm and dry”, DFD) e pálidas, moles e exsudativas (“pale, soft and exsudative”, PSE), que se caracterizam por baixa qualidade. Sabe-se que o pH está relacionado com a tenrura, suculência, sabor e “flavor” da carne, por isso alterações consideráveis aos valores de pH final (24 h PM) afetam a qualidade da carne (Madeira, 2013).

Segundo Leite e colaboradores (2015) a carne é definida como o resultado de transformações químicas e bioquímicas que ocorrem no músculo, após a morte do animal. A sua constituição é basicamente tecido muscular, gordura e tecido conjuntivo, que afetam as características organoléticas da carne. A qualidade sensorial tem uma importância especial, uma vez que esta proporcionará ou não a satisfação no momento do consumo.

Os principais constituintes da carne são as proteínas, os lípidos, minerais e água. A quantidade e composição destes constituintes varia consoante o músculo e são as variações na sua quantidade e composição que determinam a qualidade. A carne possui vitaminas lipossolúveis (vitaminas A, D, E e K) e hidrossolúveis (especialmente as vitaminas do complexo B) que exercem funções indispensáveis à manutenção e crescimento do corpo. Este teor vitamínico varia consoante a idade, uma vez que os animais mais jovens têm níveis menores

de vitamina B12, enquanto os mais velhos apresentam teores maiores de vitaminas lipossolúveis. Relativamente aos minerais, a carne possui todos os minerais essenciais ao ser humano, destacando-se o ferro, fósforo, potássio, sódio, magnésio e zinco. A água presente na carne é importante por servir de veículo para muitas substâncias orgânicas e inorgânicas. O seu teor varia com a idade, sendo maior em animais mais jovens, mas também varia com a gordura, sendo menor quanto maior for o teor em lípidos (Trindade, 2015).

2.5.5. Características físico-químicas e tecnológicas da carne

O pH, a cor, a textura, a determinação da perda de água, quantificação de proteína, colagénio, lípidos totais e teor de mioglobina da carne são características organoléticas que determinam a qualidade da mesma, uma vez que estas propriedades afetam as características sensoriais da carne (ternura, suculência, aroma e sabor). A cor da carne é um atributo de extrema relevância do ponto de vista comercial, pois é utilizado pelo consumidor como critério de qualidade no momento da compra (Leite *et al.*, 2015). Por seu lado, a produção de produtos de qualidade deve basear-se no apoio científico e tecnológico para consolidar o desenvolvimento das raças e valorização económica. Devido à alta qualidade nutricional dos produtos que são processados com esta matéria-prima, o alto valor comercial obriga a um alto padrão de qualidade sensorial (Elias *et al.*, 2012).

2.5.5.1. Humidade

A determinação da humidade é um parâmetro frequentemente utilizado como atributo de qualidade pois a água constitui parte da massa muscular (~75%), é crucial nos processos vitais e influencia profundamente a estrutura, textura e sabor. Os músculos que desenvolvem maior atividade contêm maior humidade e, adicionalmente, quanto maior for o seu conteúdo em água menor será o teor de gordura (Leite *et al.*, 2015).

Em termos tecnológicos a humidade é definida como o teor de água existente numa peça de carne. Habitualmente é determinada por secagem em estufa, por ser o método mais aceite a nível comercial, mas vários estudos demonstraram já resultados obtidos através de outro método menos destrutivo e morosos, como a tecnologia de espectrofotometria “Near Infrared Reflectance Spectroscopy” (NIRS). Esta tecnologia baseia-se na interação da amostra com um feixe de luz infravermelho que através da absorvância determina o valor de humidade existente naquela amostra de carne (Cummins e Lyng, 2016).

Existem três tipos principais de componentes da água no tecido muscular: água ligada, água imobilizada e água livre, que no seu conjunto definem a humidade. A água ligada está

fortemente ligada a grupos hidrofílicos em macromoléculas, a água imobilizada corresponde à água que é aprisionada na rede miofibrilar ou no espaço entre os filamentos espessos e finos e que é reconhecida como o componente predominante da água entre os três tipos de água no músculo e por último, a água livre é a água que existe no espaço entre os feixes de fibras, dependendo da força capilar. A água ligada é independente de qualquer *stress* mecânico ou mudanças microestruturais no tecido e é muito resistente ao congelamento ou aquecimento. O congelamento e descongelamento afeta o teor de humidade, uma vez que causa alteração da água imobilizada para água livre e, se esta se perder, uma redução na abundância de água no tecido muscular. O dano mecânico causado pela recristalização e desnaturação de proteínas e a deformação e destruição das fibras musculares devido ao congelamento diminui a capacidade do músculo de reter água e enfraquece a capacidade de ligação do músculo à água, levando a um aumento na libertação de água, com consequências no teor de humidade presente no músculo (Zhang *et al.*, 2017).

2.5.5.2. Proteína total

Na carne, as proteínas são a fração mais importante, constituindo o segundo elemento maioritário (~20%) a seguir à água. Para além de estar envolvida nos mecanismos bioquímicos, a proteína total está relacionada com muitas outras características físico-químicas da carne, como a cor, a diminuição da perda de água pela desnaturação e força de cisalhamento pela dureza das fibras constituintes (Kwasiborski *et al.*, 2008). As proteínas são constituídas por aminoácidos e compostas por cerca de 52% de carbono, 19% de oxigénio, 16% de azoto, 6% de hidrogénio e de enxofre (Barbosa, 2017).

As proteínas dividem-se em miofibrilares (50 a 55% da proteína total), sarcoplasmáticas (30 a 34%) e do tecido conjuntivo (10 a 15%). As proteínas miofibrilares são consideradas uma proteína de alta qualidade por possuir elevado valor biológico devido à composição em aminoácidos essenciais e à digestibilidade dos mesmos. As mais importantes são a miosina, a maior proteína miofibrilar, seguida da actina e por fim da tropomiosina e troponina (Mera, 2016). A alimentação do animal interfere no teor de proteína, pois uma alimentação rica em proteína e aminoácidos (lisina) induz um aumento no valor da proteína total do músculo do animal (Goulart, 2013).

As proteínas podem ser classificadas de acordo com a sua solubilidade em solúveis em água ou soluções salinas (mioglobina), solúveis em soluções salinas concentradas (actina, miosina e complexo actina-miosina) e insolúveis em soluções salinas concentradas (colagénio). As mais importantes na contração muscular e nas modificações *post mortem* são as proteínas solúveis em soluções salinas concentradas. A solubilidade é ainda o principal fator determinante das propriedades da suculência (Ferreira, 2004).

As condições *post mortem* também afetam as proteínas, uma vez que uma taxa de metabolismo *post mortem* acelerada causa a desnaturação das proteínas sarcoplasmáticas, relacionada com o decréscimo de pH e aumento de temperatura (England *et al.*, 2013).

2.5.5.2.1. Colagénio total e solúvel

O colagénio é a proteína mais abundante do tecido conjuntivo, variando entre 1 e 15% da matéria seca do músculo e é responsável por um terço da proteína total. O colagénio, nomeadamente a sua porção insolúvel (contendo uma estrutura fibrilar reforçada por grande número de ligações covalentes estáveis) está também relacionado com a dureza do músculo *post mortem*. Já a solubilidade do colagénio é atribuída à degradação das proteínas responsáveis pela ligação entre as fibras de colagénio (Mera, 2016). Segundo o mesmo autor, apesar de o pH ter efeitos importantes sobre as características físico-químicas da proteína, este não afeta o colagénio.

A determinação do colagénio é dada pela quantidade do seu principal aminoácido, a hidroxiprolina, através das frações solúveis e insolúveis da mesma, referindo-se assim às quantidades de colagénio solúvel e insolúvel. Para além da hidroxiprolina, o colagénio é composto pelos aminoácidos prolina e glicina (Barbosa, 2017). Os fatores que aumentam a insolubilidade do colagénio, aumentam a sua força, sendo um dos principais a idade do animal. A solubilidade afeta a tenrura da carne, assim como a capacidade de retenção de água e o tempo de cozedura (Huidobro *et al.*, 2005).

2.5.5.3. Lípidos totais

O conteúdo lipídico no músculo do porco pode variar entre 1,5 e 13% (Cobos *et al.*, 1994). Os lípidos encontram-se contidos em adipócitos agrupados ao longo dos feixes de fibras musculares ou de forma isolada entre elas. O número e o tamanho dos adipócitos presentes no músculo tende a aumentar consoante o conteúdo total de lípidos. A deposição de gordura faz com que os adipócitos se tornem maiores e mais numerosos, tornando-se visível numa secção de corte do músculo a gordura intramuscular, também conhecida como marmoreada (Abril *et al.*, 2001).

Os lípidos musculares são constituídos por colesterol, triacilgliceróis (lípidos de reserva ou depósito) e fosfolípidos (lípidos estruturais). Estes últimos constituem em média apenas 0,5 a 1% da massa muscular variando a sua proporção entre 16 e 34% dos lípidos totais, segundo o tipo de músculo. Os lípidos de depósito no porco estão divididos em intermusculares e intramusculares. Os primeiros acumulam-se na bainha de tecido conjuntivo que envolve cada músculo individualmente. Os segundos acompanham a estrutura de tecido conjuntivo que

penetra no músculo para envolver os feixes de fibras, fazendo assim parte da estrutura muscular. Estes lípidos intramusculares englobam ainda os lípidos presentes nas células adiposas adjacentes às fibras (Tortora e Derrickson, 2009).

A taxa de deposição dos lípidos intramusculares não depende apenas do desenvolvimento e da atividade metabólica dos adipócitos no tecido muscular, mas também da taxa de crescimento dos músculos e da atividade metabólica de outros órgãos. A deposição dos lípidos intramusculares é o último processo no desenvolvimento de suínos, que resulta do equilíbrio da captação, síntese e degradação de triacilgliceróis em adipócitos e miofibrilas intramusculares. A quantidade de gordura intramuscular aumenta com a idade e peso de abate (Hou *et al.*, 2016).

O tipo de fibra muscular também pode influenciar a deposição dos lípidos intramusculares, ou seja, músculos do tipo glicolítico apresentam maior teor em triacilgliceróis e menor teor em fosfolípidos do que músculos do tipo oxidativo (Gandemer, 2002; Lefaucheur, 2010). O conteúdo em lípidos intramusculares pode também ser afetado pelo metabolismo dos ácidos gordos e desempenha um papel importante na qualidade da carne, pois uma proporção adequada de ácidos gordos saturados, ácidos gordos monoinsaturados e ácidos gordos polinsaturados deve ser mantida para garantir a qualidade da carne (Wood *et al.*, 2008).

Segundo Utrillas e colaboradores (2012), para o lombo de porco industrial, o conteúdo lipídico é baixo quando comparado com o obtido no porco do tronco ibérico. O porco Alentejano apresenta normalmente elevados conteúdos de lípidos intramusculares devido, por um lado, ao seu carácter adipogénico e por outro, às características do sistema de produção (regime alimentar de engorda muito energético, idade e peso ao abate elevados) (Neves *et al.*, 2012). Raças autóctones, tais como o porco Alentejano, não sofreram melhoramento genético com vista à menor deposição de gordura, ao contrário das raças industriais, e como esses porcos são criados em sistemas tradicionais extensivos, a principal causa para o elevado teor em lípidos (nos músculos e nas peças gordas) é o longo período de engorda. Por outro lado, esta raça apresenta uma baixa capacidade para a deposição de músculo na carcaça, o que aliado ao excesso de alimentação energética na altura da engorda vai contribuir para uma deposição preferencialmente sobre a forma de gordura no tecido adiposo e nos músculos (Teixeira e Rodrigues, 2013).

2.5.5.4. pH

O tecido muscular *in vivo* apresenta um pH próximo da neutralidade (cerca de 7,2). Quando o animal é abatido, o músculo vê-se privado do transporte de oxigénio e nutrientes. Este facto bloqueia a síntese de ATP, o que leva à utilização das reservas de energia para

sintetizar ATP, com a finalidade de manter a temperatura e a integridade estrutural. Desta forma, à medida que os níveis de ATP diminuem, forma-se fosfato inorgânico, que, por sua vez, estimula a degradação de glicogénio em ácido láctico, mediante a glicólise anaeróbia (Leite *et al.*, 2015).

A formação de ácido láctico vai provocar um decréscimo do pH muscular, que continuará a diminuir até que terminem as reservas de glicogénio ou até à inativação das enzimas glicolíticas que controlam o metabolismo celular, alcançando o *rigor mortis*, normalmente 24 horas após o abate, altura em que se considera que o pH estabiliza (pH final). O pH no momento do *rigor mortis* depende do número de cargas livres das cadeias de actina-miosina e da sua capacidade de ligar-se à água (Da Cruz, 2013).

A hidrólise do ATP poderia explicar o facto de que os músculos vermelhos e oxidativos às vezes exibem taxas mais rápidas de declínio do pH do que os músculos mais brancos e mais glicolíticos, através da relação do pH e consumo de ATP com o conteúdo mitocondrial. As diferenças energéticas entre os músculos, vermelho e branco, são atribuídas principalmente à maior densidade mitocondrial das fibras e podem ser benéficas ou prejudiciais ao curso do metabolismo *post mortem* e ao declínio do pH (England *et al.*, 2013).

A glicólise muscular antes e/ou após o abate dos animais poderá originar uma carne com qualidade deficiente, designadamente carnes com pH elevado (permanecendo acima dos 6,0), as DFD (escuras, duras e secas), difíceis de conservar e processar tecnologicamente. No período *post mortem*, a velocidade de descida do pH tem influência sobre a cor, capacidade de retenção de água, tenrura, sabor, aroma, conservação da carne, entre outras características. Quando existe uma diminuição brusca de pH a temperaturas altas (antes que a carcaça possa ser refrigerada), com oscilações de pH entre 5,3 e 5,4, originam-se carnes PSE (pálidas, moles e exsudativas), de menor capacidade de retenção de água e de baixo rendimento tecnológico. O valor de pH da carne de suíno, em condições normais, diminui para valores entre 5,5 a 5,7 no período de 24 horas após o abate. Contudo suínos abatidos em situações de *stress* tendem a apresentar uma queda brusca no pH, resultando em desvios de qualidade da carne (Leite *et al.*, 2015).

A relação pH/temperatura determina o grau de encolhimento do músculo no momento inicial de *rigor mortis* e esse fator tem influência na tenrura da carne pelo que muitas vezes é aplicada estimulação elétrica com o objetivo de baixar rapidamente o pH e a utilização de refrigeração rápida para provocar a contração muscular, aumentando a tenrura na carne (Cardoso, 2005). O número de fibras do tipo I e IIA (metabolismo aeróbio) encontram-se positivamente relacionados com o pH *post mortem* e o pH final (24 horas), respetivamente, por isso animais com maior proporção destas fibras nos seus músculos têm maior pH na carne após o abate (Wu *et al.*, 2015).

2.5.5.5. Pigmentos totais

O pigmento que determina a cor da carne é a mioglobina, que se encontra na forma de desoximioglobina no seu estado natural. A quantidade e o estado em que se encontra esse pigmento determina a cor vermelha mais ou menos intensa, embora outras proteínas heme, como a hemoglobina e o citocromo C possam também desempenhar um papel na cor da carne (Lindahl *et al.*, 2001). A mioglobina é uma proteína solúvel em água contendo 8 hélices (A – H) ligadas por seções curtas não-helicoidais, podendo apresentar-se nas formas desoximioglobina, oximioglobina ou metamioglobina, interconvertíveis. Na composição da desoximioglobina, que dá uma cor vermelho-púrpura, o átomo de ferro que ocupa a posição central apresenta quatro ligações a um grupo azotado, com uma ligação à histidina e com outra ligação livre. O elemento que se liga nessa posição irá determinar a cor nas variadas reações que ocorrem do músculo (*in vivo*) e na carne (*post mortem*) (De Smet e Vossen, 2016).

Quando a desoximioglobina se encontra no seu estado reduzido (Fe^{2+}) a carne apresenta cor vermelho vivo, no entanto quando está no animal vivo, o músculo apresenta tom púrpura. Quando ocorre a ligação ao oxigénio, a desoximioglobina sofre uma reação de oxigenação passando ao estado de oximioglobina e dá-se o efeito de “blooming” com consequente coloração vermelho vivo. A formação da oximioglobina depende da temperatura, da pressão de oxigénio, do pH e da competição com outros processos que ocorrem na carne, e neste estado pode sofrer destabilização por protões e oxidações devido à estrutura que o ferro assume na molécula. A carne de porco exibe pouca evidência de formação de oximioglobina à temperatura ambiente (0,1-0,3% mioglobina). Para a mioglobina passar a metamioglobina, ocorre uma reação de oxidação, onde o ferro passa para o seu estado oxidado, de Fe^{2+} para Fe^{3+} e dá-se uma alteração da cor para um tom acastanhado (Mancini e Hunt, 2005).

No músculo vivo não há o estado de metamioglobina devido à ação da metamioglobina redutase, uma enzima que participa na redução da metamioglobina em desoximioglobina, através da utilização do NADH. Quando o músculo passa a carne deixa de haver NADH e a enzima deixa de ser ativada pela ausência do seu cofator e por isso, dá-se a reação em metamioglobina. A metamioglobina depende da pressão parcial de oxigénio, da atividade reduzida da carne (envelhecimento), da temperatura e pH e do crescimento microbiano. Com o aquecimento, pode ainda ocorrer outra reação na mioglobina, resultante da desnaturação da globina, quer através da oximioglobina quer da metamioglobina, com a tonalidade castanha da carne a indicar essa reação (Aaslyng e Meinert, 2017).

Os porcos criados ao ar livre, como os porcos Alentejano e Bísaro, exercitam-se mais do que os confinados, fazendo com que o músculo seja mais oxigenado, podendo ocorrer maior

concentração de mioglobina, causando uma pigmentação mais escura na carne (Pugliese, 2012).

2.5.5.6. Cor

O sistema CIELAB estabelece coordenadas uniformes no espaço tridimensional da cor, relacionando a cromaticidade (xy) com a luminosidade (Y), convertendo para coordenadas padrão de expressão de espaço de cor $L^*a^*b^*$ (Figura 2.5) (https://www.nippondenshoku.co.jp/web/english/colorstory/07_what_is_ucs.htm). Os valores de L^* determinam a luminosidade, que varia de 0 a 100, que indica cor preta e branca, respetivamente. O a^* e b^* , representam coordenadas de cromaticidade, sendo o a^* a variação entre vermelho e verde, aproximando-se do vermelho-púrpura se tiver valores positivos, num máximo de +60 e aproximando-se do verde-azulado aos -60. Por outro lado, o b^* dá as variações entre o amarelo e o azul, entre +60 e -60, respetivamente (Figura 2.5). Através destes parâmetros pode calcular-se atributos psicométricos como o ângulo de tono ($\arctangent(b^*/a^*) \times 180/\pi$), cromaticidade (croma) $((a^{*2} + b^{*2})^{1/2})$ e a saturação (cromaticidade/ L^*) (CIE, 1976). A tonalidade permite-nos tirar conclusões sobre o tom da cor que é perceptível (por exemplo, vermelho, verde, etc...) dando-nos a cor de perceção humana. Por fim, a saturação indica-nos a intensidade da tonalidade, isto é, da coloração (por exemplo, vermelho intenso) (CIE, 1976).

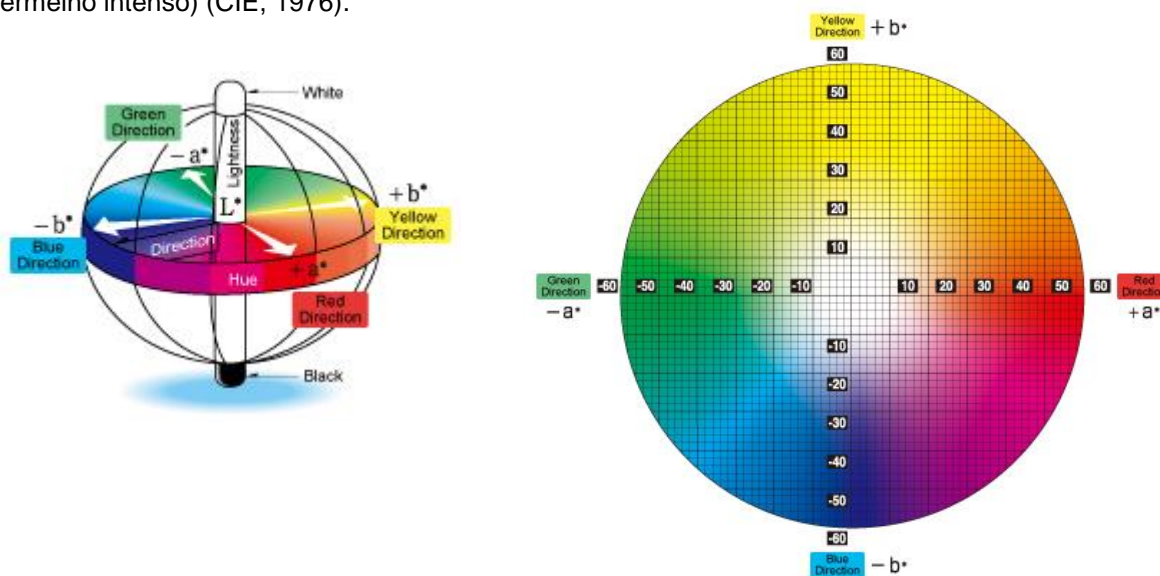


Figura 2.5 - Diagrama de cor do sistema CIELAB ($L^*a^*b^*$)
(https://www.nippondenshoku.co.jp/web/english/colorstory/07_what_is_ucs.htm)

O sarcoplasma do músculo esquelético contém a proteína que determina a cor, a mioglobina. Esta proteína liga moléculas de oxigénio que se difundem nas fibras musculares do líquido intersticial. A mioglobina utiliza o oxigénio quando é necessário pela mitocôndria para a

produção de ATP e a sua concentração no músculo aumenta com o envelhecimento (Tortora e Derrickson, 2009).

Segundo Mancini e Hunt (2005) na caracterização da cor da carne de porco, a coordenada de luminosidade L^* é correlacionada com as determinações visuais do rosa-púrpura ($r = 0,67$ a $0,80$), sugerindo que luminosidade (L^*) é um indicador confiável de carne de porco PSE e/ou DFD e, portanto, pode ser usado como referência para a qualidade da carne suína. As medidas instrumentais de L^* e a^* são diretas e podem ser facilmente aplicadas à cor muscular. Por outro lado, as cores representadas por b^* (azul e amarelo) não são típicas ou intuitivamente relacionadas à carne.

Abril e colaboradores (2001) atribuíram os efeitos da dieta sobre a cor muscular à alteração no armazenamento de glicogénio, e/ou à acumulação de antioxidantes, os quais podem-se relacionar às características intrínsecas fundamentais do músculo, pH, consumo de oxigénio e atividade redutora da metamioglobina. Alterações na luminosidade e na coordenada cromática b^* foram atribuídas aos efeitos da dieta sobre os níveis de glicogénio e gordura marmoreada, o que está de acordo com a capacidade da coordenada cromática b^* de detetar diferenças de pH.

A criação de porcos num sistema de produção ao ar livre pode aumentar a vermelhidão muscular retardando a conversão das fibras musculares IIA em IIB, já que as fibras tipo IIA se encontram diretamente relacionadas com o pH final (24 horas) e as fibras do tipo IIB inversamente relacionadas com este e por isso, menor luminosidade (coordenada L^*) maior pH *post mortem* (Silva, 2016).

2.5.5.7. Perda de água

A análise da capacidade de perda de água pode ser influenciada por vários fatores como o pH, temperatura, as condições de refrigeração, conservação e processamento. Relaciona-se com a suculência e tenrura da carne, estabelecendo um fator relevante para a quantificação da qualidade de carnes (Teixeira e Rodrigues, 2013).

Perda de água por gotejamento ("drip loss")

O pH está consideravelmente ligado à origem das perdas de água. Com o cessamento do aporte de sangue após o abate, ocorre no músculo a diminuição de volume das miofibrilhas induzida pela queda de pH antes do *rigor mortis*, o qual leva à desnaturação de proteínas e à acumulação de fluido entre os feixes de fibras. Na determinação da perda por gotejamento, a integridade do músculo é preservada, sem a atuação de forças externas para além do corte. O fluido acumulado goteja por gravidade e a fluidez e a força capilar constituem fatores

essenciais na classificação da qualidade da carne *post mortem* (Honikel, 1998). Porcos com maior número de fibras do tipo I e IIA têm uma menor perda por gotejamento, tendo a perda de água uma correlação positiva com a densidade e o número das fibras do tipo IIB (Wu *et al.*, 2015).

Perda de água por descongelamento ("thawing loss")

A necessidade de prolongar o tempo de vida dos alimentos, nomeadamente da carne, levou ao surgimento de métodos de conservação por congelamento. A água dentro e entre as fibras musculares congela e a concentração dos componentes como proteínas, glúcidos e lípidos aumenta. Isto afeta a composição das células e consequentemente o equilíbrio interno da carne é alterado. A capacidade da carne em reter a água intersticial após o descongelamento é um fator que garante a manutenção das suas características organoléticas e nutricionais. A perda de água por descongelamento deriva da variação de temperatura, do tempo de descongelamento dos cristais de gelo e do exsudado resultante das alterações físicas a que a carne é sujeita. Esta perda permite perceber a taxa de perda de qualidade e das características da carne após congelamento (Leygonie *et al.*, 2012).

Perda de água por cozedura ("cooking loss")

A determinação deste parâmetro é importante pela sua influência no valor nutritivo, já que no exsudado libertado estão presentes proteínas solúveis, vitaminas e minerais. A quantidade exsudada influencia a cor, a textura, a firmeza, o sabor, o odor e a suculência da carne cozinhada, sendo os seus efeitos negativos tanto menores quanto maior for a retenção de água (Leite *et al.*, 2015). Durante o aquecimento, as gorduras liquefazem e as proteínas da carne desnaturam a temperaturas variáveis, provocando alterações estruturais como a destruição das membranas celulares, o encurtamento transversal e longitudinal das fibras musculares, a agregação de proteínas sarcoplasmáticas e o encolhimento do tecido conjuntivo. Estas alterações resultam em perdas por cozedura na carne, por libertação da água quimicamente ligada. A influência da temperatura e do tempo de cozedura são fatores importantes e devem ser controlados para permitir a uniformidade da amostra na simulação de perda de água por cozedura (Honikel, 1998). A temperatura, assim como a glicólise do músculo e o tipo de alimentação a que o animal foi sujeito, podem ser fatores determinantes na redução da perda de água por cozedura e na manutenção da estrutura do músculo, revelando carnes de qualidade considerável (Cummins e Lyng, 2016).

2.5.6. Parâmetros reológicos - perfil de textura

A reologia, como ciência que estuda as deformações e escoamentos da matéria, incluindo produtos alimentares, inclui entre outras características, a textura. A textura da carne pode ser avaliada subjetivamente, por análises sensoriais, ou objetivamente, por análises instrumentais, as quais têm por objetivo simular as forças obtidas aquando da mastigação e mordida. A esse nível, a textura é obtida através de um texturómetro, equipamento mecânico que mede a resistência dos tecidos por força de vários métodos mecânicos, compressão (mastigabilidade), torção, tensão ou cisalhamento (corte) (Tejerina *et al.*, 2012). Os métodos que são mais usualmente utilizados são o método de força de cisalhamento (Warner-Bratzler) e o método de compressão (TPA – análise do perfil de textura), por fornecerem informações sobre dois componentes importantes da carne: estrutura miofibrilar e tecido conjuntivo (Huidobro *et al.*, 2005).

2.5.6.1. Força de corte Warner-Bratzler (WBSF)

A força de corte Warner-Bratzler envolve a medição da tenrura através da força (N) necessária para cortar um pedaço de carne cozinhada, simulando o corte dos dentes (Honikel, 1998). De entre as características importantes para a obtenção de resultados do teste destacam-se: a largura das lâminas, a posição do corte em “V” da lâmina, a velocidade do teste e a forma, massa e orientação da amostra (Huidobro *et al.*, 2005). A força máxima de cisalhamento é registada, pela representação gráfica do pico da curva e é avaliada a força máxima de rutura, a resistência à rutura e o trabalho para fratura (Tejerina *et al.*, 2012).

2.5.6.2. Análise de perfil de textura (TPA)

A análise do perfil de textura (TPA) reflete a mastigação do alimento, com aplicações sucessivas da força (N), simulando a ação de compressão dos dentes, através de uma sonda cilíndrica de diâmetro variável. Baseia-se nos parâmetros de dureza, elasticidade, adesividade, coesividade, mastigabilidade e gomosidade, obtidos da análise da curva de força vs. deformação ou tempo (Honikel, 1998). A dureza (N) é a força máxima necessária para comprimir a amostra; a elasticidade é a capacidade da amostra recuperar a sua forma original após a remoção da força de deformação; a adesividade (resiliência) é a recuperação da altura original, área sob a abscissa (negativa) após a primeira compressão; a coesividade é a medida em que a amostra pode ser deformada antes da rutura (Ávila *et al.*, 2014); a mastigabilidade (dureza, coesividade e elasticidade) é o trabalho necessário para mastigar uma amostra sólida até um estado estável de deglutição; e a gomosidade representa a dureza da amostra na segunda mordida (Huidobro *et al.*, 2005).

2.6. Fatores que afetam a qualidade da carne

A qualidade da carne de porco está relacionada com qualidade sanitária, fatores genéticos e tecnológicos. Os porcos destinados ao consumo fresco são abatidos entre os 60 e 120kg e os destinados majoritariamente à transformação entre 140 e 180kg. Regra geral, os animais apresentam com o aumento da idade/peso de abate, um aumento da taxa de mioglobina e dos lípidos intramusculares e diminuição da perda de água dos músculos. O teor de ácido oleico aumenta com a idade nos porcos do tronco Ibérico o que é favorável à qualidade da produção de presuntos. A utilização de machos inteiros é um problema a nível sensorial, por afetar o cheiro e “flavor” da carne derivado da produção por estes de compostos como o escatol e a androsterona (Lebret e Faure, 2015).

A qualidade biológica de um alimento é definida pela sua qualidade nutricional e sensorial, estando as duas interligadas. A qualidade nutricional é garantida por uma composição rica em AGS, AGMI e AGPI na gordura intramuscular, e na quantidade de água e proteína existente na carne. Estes fatores podem ser influenciados pela alimentação, peso ao abate e/ou genética do animal (Elias *et al.*, 2012). Os fatores que contribuem para uma qualidade sensorial aceitável são a suculência, tenrura, sabor, “flavor” e cor, sendo geralmente determinados por painéis treinados em análise sensorial de produtos cárneos (Rodrigues *et al.*, 2015).

Como já foi indicado anteriormente, o aumento dos AGMI na alimentação dos porcos influencia a qualidade nutricional da carne e dos produtos transformados, pelo que o regime de Montado aumenta a taxa de ácido oleico do tecido adiposo e diminui a taxa de AGS, de ácido linoleico e fosfolípidos. A adição de vitamina E à dieta permite reduzir a oxidação lipídica e da mioglobina na conservação e prevenção da rancificação e escurecimento da carne, melhora a retenção de água e estabiliza as membranas celulares. A fração insaponificável de lípidos dos porcos do tronco Ibérico em regime de Montado contém uma taxa de vitamina E muito elevada, que retarda a primeira fase de oxidação dos lípidos e torna a maturação dos presuntos com ótimos sabores e aromas, melhorando assim a qualidade do produto (Pastorelli *et al.*, 2012).

Parâmetros de qualidade da gordura, como teor de gordura intramuscular e composição lipídica, afetam a qualidade nutricional e organoléptica da carne e são os principais fatores que afetam a aceitação pelo consumidor da carne fresca. Por isso, o estudo da composição lipídica da gordura na carne fresca adquiriu importância nos últimos anos (Clemente *et al.*, 2012). Estudos feitos em porcos de genótipos comerciais apresentam valores de gordura intramuscular no músculo *Longissimus lumborum* bastante abaixo do nível exigido para uma qualidade nutricional aceitável (Madeira, 2013). Para contornar esse fator a indústria de suínos tem elevada preocupação na produção sustentável de suínos, através da alimentação ou cruzamentos com outras raças para a manutenção da composição rica em ácidos gordos na gordura intramuscular sem aumento na gordura subcutânea, para assim obter uma qualidade

nutricional superior da carne (Wood *et al.*, 2008). A carne de suínos Alentejanos pode ser uma alternativa eficaz. Apesar da carcaça apresentar muita gordura e uma proporção baixa de cortes magros, podendo prejudicar a rentabilidade económica deste sistema de produção (Neves *et al.*, 2012), foi demonstrado que as qualidades nutricionais da carne desta raça podem ser aproveitadas com cruzamentos com raças industriais, uma vez que, do cruzamento de porcos Alentejanos com raças puras industriais, resultaram animais cuja carne apresenta uma qualidade superior à das raças industriais (Tirapicos Nunes *et al.*, 2000).

Devido à correlação positiva entre o teor de AGS e doenças cardiovasculares, reduzir a gordura na carcaça foi um dos principais objetivos na produção de suínos industriais, mas isso influenciou negativamente a qualidade sensorial da carne. Porcos mais gordos têm mais GIM, que reflete melhor qualidade da carne. Esta é uma das razões para a melhor qualidade da carne de raças autóctones em comparação com raças modernas ou industriais. A qualidade nutricional do tecido adiposo subcutâneo também é importante, pois o toucinho é amplamente utilizado em produtos cárneos transformados e tem sido sugerido que um tecido adiposo de boa qualidade nutricional deve conter menos de 15% de AGPI (Zemva *et al.*, 2012). A interação entre o genótipo e o ambiente das raças destinadas a carne para consumo constitui um fator determinante na qualidade da carne, pois a qualidade do produto também está relacionada com atributos secundários como bem-estar animal, impacto ambiental, rastreabilidade ou aspetos de segurança, cada vez mais valorizados pelos consumidores. Assim, os porcos autóctones são uma valiosa reserva genética que pode ser usada para recuperar as propriedades organoléticas da carne de porco industrial, propriedades que foram perdidas devido a severos programas seletivos realizados para melhorar quantitativamente a produção de suínos (Pugliese e Sirtori, 2012).

Alguns dos atributos sensoriais mais importantes da carne são aparência, suculência, sabor e textura. Entre os atributos de textura, a dureza é a mais importante para o consumidor (Huidobro *et al.*, 2005). A qualidade também é afetada por fatores como o tipo de fibra muscular, a capacidade de retenção de água, o comprimento miofibrilar e do sarcómero, e a quantidade e a natureza do tecido conjuntivo (Tejerina *et al.*, 2012).

A genética é outro dos fatores que afeta a qualidade biológica da carne, sendo o gene halotano, entre outros, de grande importância. Este gene é um gene recessivo que afeta a suscetibilidade do animal ao *stress*, devida a uma mutação no gene que controla o canal de cálcio (recetor de ryanodine, RYR1) do retículo sarcoplasmático. Este gene provoca uma maior incidência de carne PSE (Florowski *et al.*, 2017). As raças suínas do sul da Europa parecem não ter o gene halotano, sendo que foram encontrados alelos T no locus RYR1 com frequência muito baixa (0,07) nas raças portuguesas, o que indica que já de si estas carnes possuem características de qualidade elevada (Pugliese e Sirtori, 2012).

Um menor número de fibras num músculo está correlacionado com fibras que apresentam uma maior hipertrofia, e este tipo de fibras está associado a uma qualidade da carne inferior. O aumento do diâmetro das fibras do tipo IIB contribui significativamente para a variação da ternura da carne e para um “flavor” anormal. Por sua vez, o “flavor” encontra-se positivamente relacionado com a percentagem de fibras do tipo I. Os músculos com maior percentagem de fibras do tipo IIB e menor percentagem de fibras do tipo I apresentam também uma taxa glicolítica maior e como consequência, exibem uma cor pálida e uma maior perda por gotejamento do que outros músculos, dando origem a carnes PSE (Florowski *et al.*, 2017; Zhao *et al.*, 2018).

O *stress* pode ser definido como um conjunto de respostas biológicas, respostas hormonais e somáticas quando um indivíduo recebe uma ameaça à sua homeostase (equilíbrio). A ameaça é o fator de *stress* (frio, calor, equipamentos desajustados à vida, interações sociais, dor, infeção, fome, medo) e pode ser avaliado de acordo com sua intensidade e duração da sua ação. Certos fatores de *stress* (calor, social, medo) podem alterar o comportamento animal e diminuir a ingestão de alimentos e/ou absorção de nutrientes no tubo digestivo, afetando a composição corporal, imunidade e bem-estar animal e, conseqüentemente, afetando as funções reprodutivas, o crescimento e a qualidade dos produtos finais. As temperaturas muito acima da zona de conforto térmico dos suínos, frequentemente associadas a ondas de calor e períodos de seca extrema, são os principais fatores de *stress* climático que afetam a produção de suínos no sul da Europa. Em geral, os suínos destinados aos produtos de alta qualidade (DOP, IGP) são abatidos com pesos bem acima da idade de maturação sexual (120-160 kg PV), quando o crescimento muscular estabilizou e o ganho de peso se faz à custa de maior capacidade de deposição e infiltração de gordura intramuscular (+ 60% monoinsaturada), condição essencial para o desenvolvimento das características organolépticas (aroma, sabor, cor, brilho, textura). Os problemas de altas temperaturas durante o transporte de animais para os matadouros, também aumentam as perdas económicas e de qualidade dos produtos finais. Por esta razão, o bem-estar animal durante o transporte não pode ser negligenciado, e atenção especial deve ser dada às condições físicas dos veículos e à manipulação de animais, densidade animal no veículo, distâncias percorridas e tempo de viagem (Santos Silva, 2012).

Vários estudos demonstraram que a carne de porco Ibérico é de qualidade superior à obtida com porcos industriais. Assim, a fim de aumentar a sua produtividade, é frequentemente cruzado com o porco industrial Duroc para aumentar a sua capacidade reprodutiva, melhorar a taxa de crescimento e aumenta a eficiência alimentar e o conteúdo de peças magras sem uma redução significativa na qualidade da carne, produtos cárneos ou nas peças de carne que são consideradas de maior qualidade quando comparadas com as obtidas de raças industriais puras (Utrillas *et al.*, 2012).

2.7. Consumo de carne de suíno e segurança alimentar

Segundo o INE (Instituto Nacional de Estatística) os dados mais atuais indicam que em Portugal o consumo de carne de porco representa cerca de 38% (INE, 2018b) do total de carne consumida, com 451 toneladas de carne de porco consumida em 2017. A carne de porco é a mais consumida em Portugal, com um consumo por habitante de 43,7 kg, seguida pelo consumo de carnes de animais de capoeira com 42,1 kg (INE, 2018a).

Durante alguns anos, o consumo de carne de porco Alentejano/Ibérico foi limitado, em resultado das relações estabelecidas entre o consumo de gordura e as doenças cardiovasculares. No entanto, pesquisas recentes permitiram estabelecer propriedades saudáveis para a ingestão deste tipo de carne e produtos cárneos dela derivados, o que aliado à sua qualidade fez a sua venda aumentar, competindo com sucesso com outras carnes. A maior parte da carne de porcos do tronco Ibérico é consumida como produtos curados, mas a importância do consumo de carne fresca aumentou recentemente, uma vez que os consumidores se tornaram mais preocupados com questões como formas éticas de produção animal, bem-estar animal, produção tradicional ou características nutricionais e sensoriais da carne. Sabe-se que a raça, o sistema produtivo e o tipo de músculo influenciam os perfis de ácidos gordos e a característica sensorial da carne de porco fresca e dos produtos cárneos. Estas características podem ser devidas a variações no teor de gordura intramuscular da carne que, entre outros efeitos, facilita a separação do filamento muscular e reduz a força de corte (Martínez *et al.*, 2012; Wood *et al.*, 2008). Nos últimos anos constatou-se que uma parte dos consumidores tendem a privilegiar a qualidade e não a quantidade na escolha dos alimentos, criando assim o desejo de produtos específicos com características diferenciadoras. Este mercado poderá dar um impulso muito importante ao desenvolvimento rural, sobretudo nas zonas mais pobres, através, por um lado, da melhoria do rendimento dos agricultores e, por outro, da estabilização da população rural nestas áreas.

Os produtos com Denominação de Origem Protegida (DOP) e Indicação Geográfica Protegida (IGP), entre outros, podem constituir um instrumento importante para o desenvolvimento do mundo rural, garantindo igualdade de condições de concorrência entre os produtores dos produtos que beneficiam destas descrições. Diante da diversidade de produtos existentes no mercado e da quantidade de informações fornecidas, o consumidor precisa de informações sucintas e claras sobre sua origem. Estas circunstâncias levaram Portugal, tal como têm outros estados membros da União Europeia, à criação de produtos agrícolas e alimentares DOP e IGP. O Regulamento (CEE) nº 2081/92, do Conselho de 14/7, estabeleceu o quadro jurídico da Comunidade relativo à proteção das denominações de origem e às denominações geográficas de produtos agrícolas e de alimentos. De acordo com este Regulamento, um produto DOP deve preencher as seguintes condições: (i) o nome de uma região, de um local determinado ou, em casos excepcionais, de um país, que serve para

designar um produto agrícola ou um género alimentício: originário dessa região, desse local determinado ou desse país e (ii) cuja qualidade ou características se devem essencial ou exclusivamente ao meio geográfico, incluindo os fatores naturais e humanos, e (iii) cuja produção, transformação e elaboração ocorrem na área geográfica delimitada. Já um produto IGP deve preencher as seguintes condições: (i) nativo desta região, desta determinada área ou deste país; e (ii) cuja reputação, qualidade estabelecida ou outra característica possa ser atribuída a essa origem geográfica e cuja produção e/ou transformação e/ou preparação ocorra na zona geográfica demarcada. Esta evolução foi motivada, entre outras razões, pelas medidas tomadas para garantir a proteção de produtos tradicionais, pelo apoio dado à recuperação e defesa de raças autóctones em extinção e pelo aumento da procura por esses produtos (Martins de Carvalho, 2000b).

A Organização Mundial de Saúde (OMS, 2018) recomenda uma ingestão inferior a 30% de energia proveniente da gordura, com menos de 10% desta quantidade consistindo de AGS, 2-5% consistindo em AGPI n-6 e 0-5% em AGPI n-3 (Aranceta e Pérez-Rodrigo, 2012). Esta Organização recomenda que o consumo total de gordura trans seja limitado a menos de 1% do consumo total de energia, o que se traduz em menos de 2,2 g/dia numa dieta de 2 000 calorias. As gorduras trans aumentam os níveis de colesterol das LDL, biomarcador de risco de doenças cardiovasculares, e diminuem os níveis de colesterol das HDL, que levam o colesterol das artérias e o transportam para o fígado. As gorduras insaturadas são preferíveis às gorduras saturadas e as gorduras trans industriais não devem fazer parte de uma dieta saudável.

A segurança alimentar é a garantia de que os alimentos são seguros, saudáveis e de alta qualidade, sendo uma característica essencial da fabricação de alimentos. Para garantir a segurança dos produtos, o controlo de doenças animais é vital, especialmente de infeções/infestações que são transmissíveis (direta ou indiretamente) a humanos (zoonoses). Nos sistemas extensivos ou semi-extensivos, os animais estão em estreito contacto uns com os outros, com o ambiente e com outros animais, particularmente roedores, animais peridomésticos e animais silvestres, tais como raposas, javalis e aves. Juntos, estes podem desempenhar papéis importantes na epidemiologia de *Salmonella spp.*, *Campylobacter spp.*, *Brucella spp.*, doença de Aujeszky, peste suína clássica, peste suína africana e tuberculose. O estado de saúde é um dos custos variáveis mais importantes para afetar o desempenho das explorações e a saúde precária impede que os animais atinjam seu potencial máximo de produção, uma vez que influencia o consumo de ração, os ganhos diários de peso e os índices de conversão alimentar. A criação de medidas de biossegurança, visando otimizar a saúde animal a médio-longo prazo para que seja possível controlar a presença de zoonoses de particular interesse para a saúde pública é um fator bastante importante na produção animal. Também o é a criação de planos de gestão de segurança alimentar para a melhoria da saúde animal, por exemplo através de estudos epidemiológicos descritivos de potenciais agentes zoonóticos, análise de perigos e identificação de pontos críticos de controlo (HACCP), bem

como o estabelecimento de códigos de boas práticas de higiene na cadeia de produção de alimentos de origem animal (Astorga Márquez, 2012; Correia *et al.*, 2015).

A segurança alimentar é uma grande preocupação global para os consumidores, a indústria e os governos, num mundo onde as doenças transmitidas por alimentos são responsáveis por enormes perdas e danos em termos humanos e de enormes custos económicos. As autoridades devem estabelecer e aplicar os requisitos legais para garantir e controlar a segurança dos alimentos e a saúde dos consumidores, e a indústria alimentar deve cumprir todos os requisitos legais e produzir alimentos seguros para não sofrer perdas económicas. Em Portugal, as principais prioridades para avaliação de risco são: bases de dados fiáveis sobre segurança alimentar; melhores resultados laboratoriais, melhores decisões das autoridades de avaliação de risco. As principais autoridades nacionais são: Ministério da Agricultura e Mar (MAM); Direção-Geral de Alimentação e Veterinária (DGAV); Instituto Nacional de Investigação Agrária e Veterinária (INIAV); Direções Regionais de Agricultura e Pesca (DRAP's) e Autoridade de Segurança Alimentar e Económica (ASAE) (López-Francos *et al.*, 2015).

Capítulo 3 - Objetivos

O objetivo principal deste trabalho foi caracterizar as raças puras suínas autóctones Alentejana e Bisara e os seus cruzamentos, o porco Ribatejano.

Numa primeira fase, pretendeu-se estudar as características zootécnicas e das carcaças com o objetivo de avaliar as diferenças genéticas das raças puras e seus cruzamentos quanto ao crescimento e composição da carcaça.

Numa segunda fase, o objetivo foi analisar as características físico-químicas da gordura subcutânea dorsal e de três músculos (*Longissimus lumborum*, *Semimembranosus* e *Gluteus medius*) destas raças, bem como as características reológicas do músculo *Longissimus lumborum*.

Surge assim a intencionalidade de estudar a possível utilização do porco Ribatejano como contributo para aumentar as receitas dos produtores de suínos, criando produtos novos e economicamente interessantes, uma vez que, resulta deste trabalho os primeiros resultados sobre o porco Ribatejano.

Capítulo 4 – Materiais e Métodos

Este estudo foi realizado no Instituto de Ciências Agrárias e Ambientais Mediterrâneas (ICAAM), na Herdade da Mitra, Universidade de Évora, estando inserido no projeto TREASURE. O ensaio compreendeu quatro grupos de estudo de raças suínas autóctones e seus cruzamentos.

4.1. Ensaio experimental

4.1.1. Animais

Com o intuito de avaliar o desempenho produtivo do porco Ribatejano e das duas raças puras, o ensaio foi constituído por 10 machos castrados em cada um dos quatro grupos experimentais, submetidos a duas variáveis experimentais em estudo, o peso ao abate e o genótipo. Foram utilizados dois grupos de controlo de duas linhas puras de raças autóctones portuguesas, um de porco Alentejano (AL) e outro de porco Bísaro (BI). Os dois grupos restantes foram constituídos por animais resultantes de cruzamentos entre ambas as raças puras, um grupo de cruzamento entre machos AL e fêmeas BI (leitões ALBI) e outro de cruzamento entre machos BI e fêmeas AL (leitões BIAL). Os animais entraram em ensaio assim que atingiram cerca de 30 kg de peso vivo.

4.1.2. Alimentos, regimes alimentares e abates

Os animais em ensaio foram mantidos num parque coletivo com alimentação ministrada em grupo (até ao abate aos 65 kg de peso vivo – Período de crescimento) e ministrada individualmente entre os 65 e os 150 kg de peso vivo (Período de engorda).

No período de crescimento, os animais foram criados ao ar livre, numa área de cerca de 1 hectare, com água permanentemente disponível e abrigos coletivos. Vinte machos castrados de cada genótipo foram alimentados *ad libitum* com rações comerciais (Tabela 4.1), até um peso vivo (PV) final de cerca de 65 kg. O alimento era distribuído em grupo, sem controlo individual de ingestão. Entre os 30 e 50 kg, a ração comercial forneceu 3360 kcal/kg de energia digestível e 15.46 g/100 g de proteína bruta (PB), entre os 50 e os 65 kg uma nova ração comercial forneceu 3410 kcal/kg de energia digestível e 16.64 g/100g PB (Tabela 4.1). No fim deste período, foram sujeitos a abate 40 animais (n=10 para cada genótipo em estudo). O peso de abate estipulado foi de 65 kg PV. Este abate decorreu num Matadouro Industrial.

Tabela 4.1 -Composição química das dietas comerciais consumidas pelos porcos Alentejanos (AL), Bísaros (BI), ALBI e BIAL abatidos aos 65 e aos 150 kg de peso vivo.

	65kg		150 kg	
	Dieta 1 (30-50)	Dieta 2 (>50-65)	Dieta 1 (>65-80)	Dieta 2 (>80-150)
Matéria seca (DM) (g/100g)	88.4	88.8	88.8	88.7
Cinzas totais	4.44	4.56	4.56	4.25
Proteína bruta (N x 6.25)	15.46	16.64	16.64	15.38
Lisina	1.17	1.06	1.06	0.95
Metionina + cistina	0.70	0.67	0.67	0.62
Triptofano	0.17	0.20	0.20	0.18
Fibras em detergente neutro (NDF)	12.67	12.40	12.40	12.94
Fibra em detergente ácido (ADF)	4.47	4.85	4.85	5.05
Amido	46.01	44.22	44.22	46.22
Lípidos totais	4.48	5.05	5.05	4.73
Energia digestível (Kcal/kg)	3360	3410	3410	3372

Nota: Resultados analíticos retirados das análises realizadas pela empresa fornecedora das dietas comerciais.

No período de engorda, dez machos castrados de cada genótipo foram criados no mesmo local em que tinham sido criados os animais no período de crescimento. Estes animais foram alimentados *ad libitum* com rações comerciais (Tabela 4.1), entre os 65 e os 150 kg PV. O alimento era distribuído em comedouros individuais, permitindo o controlo individual de ingestão. Entre os 65 e 80 kg, a ração comercial foi igual à utilizada entre os 50 e 65 kg PV, e entre os 80 e os 150 kg uma nova ração comercial forneceu 3372 kcal/kg de energia digestível e 15.38 g/100g PB (Tabela 4.1). No fim deste período, foram sujeitos a abate 36 animais (n=9 para cada genótipo em estudo). O peso de abate estipulado foi de 150 kg PV. Este abate decorreu num Matadouro Industrial.

4.1.3. Colheita e preparação das amostras

Para o estudo do tecido adiposo, foram recolhidas de cada animal uma amostra de tecido subcutâneo dorsal ao nível da última costela. Todas as amostras foram colocadas em sacos plásticos, fechadas a vácuo e identificadas com o número de identificação do animal, assim como o tecido a que pertenciam. As amostras foram congeladas a -30°C até serem analisadas. A preparação específica das amostras está descrita para cada uma das análises, enumeradas nos próximos pontos deste capítulo.

Para o estudo no tecido muscular, foram recolhidas amostras de três músculos (*Longissimus lumborum*, *Semimembranosus* e *Gluteus medius*) em cada animal, seguindo os procedimentos descritos. Na preparação da amostra para o procedimento experimental de determinação de perda de água por descongelamento (“thawing loss”) e por cozedura (“cooking loss”), foi recolhido um naco de tecido muscular com medidas estipuladas pelos procedimentos acima referidos, de modo a serem efetuadas as análises reológicas. Já para as restantes análises físico-químicas, foi recolhido uma amostra de cada músculo em estudo por animal.

4.2. Procedimento analítico

4.2.1. Parâmetros físico-químicos e tecnológicos

4.2.1.1. Matéria seca

A matéria seca (MS) foi determinada através da Norma Portuguesa (2009) NP-1614, com adaptações. Assim, a quantidade de amostra utilizada foi reduzida de 10 para 5 g e não se utilizou areia na trituração da amostra. Para a determinação da MS das amostras de gordura subcutânea dorsal (GSD) foram retiradas 5g da capa interna de cada amostra, trituradas e colocadas em cadinhos de alumínio previamente secos em estufa a $102 \pm 2^\circ \text{C}$, arrefecidos em exsiccador, identificados e tarados (Figuras 4.1). As amostras foram espalhadas por toda a superfície de modo a manter uma distribuição uniforme. Cada amostra foi feita em duplicado. De seguida, o conjunto de amostras foi colocado numa estufa a $102 \pm 2^\circ \text{C}$, retirado ao fim de 2h e repetiu-se as pesagens em intervalos de 30 minutos até a diferença entre duas pesagens consecutivas ser inferior a 0,01g (peso seco).

As amostras de músculo foram previamente descongeladas, removidas de toda a gordura e tecido conjuntivo, e trituradas. Pesaram-se 5g de amostra para um cadinho de alumínio (Figura 4.1). O procedimento a partir deste ponto foi igual ao procedimento feito para as amostras de GSD.

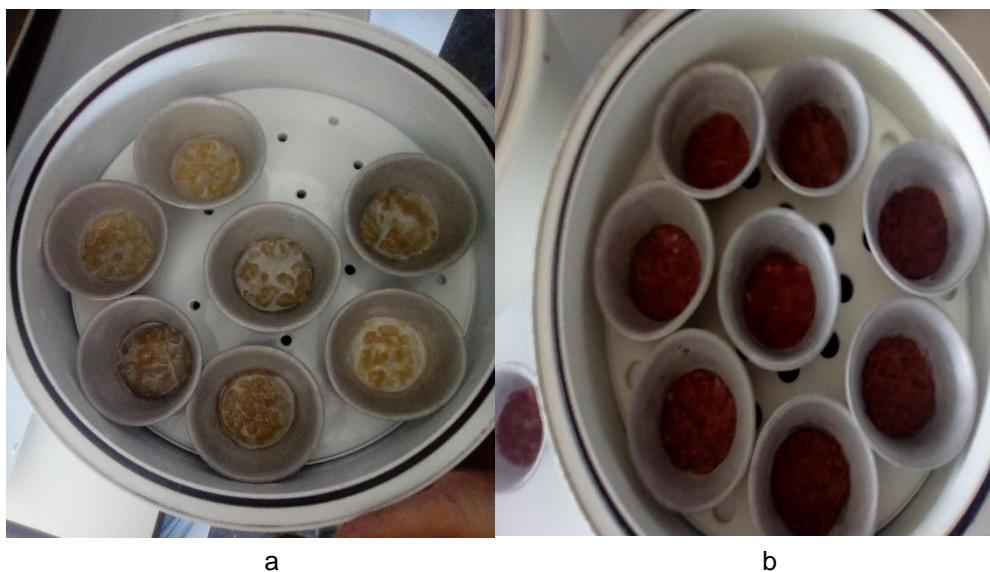


Figura 4.1 - Amostra de gordura subcutânea dorsal em cadinho de alumínio no exsicador (a). Amostra de músculo em cadinho no exsicador (b).

O resultado é expresso em função da perda de massa quando submetida à secagem, e pela média aritmética das duas repetições, sendo expresso em percentagem do produto (NP-1614, 2009). A percentagem de humidade é obtida conforme a seguinte equação:

$$HUM = 100 - \frac{Peso\ seco\ (g) - Tara\ cadinho(g)}{Cadinho\ com\ amostra\ (g) - Tara\ cadinho(g)} \times 100\%$$

4.2.1.2. Proteína total

A determinação da proteína foi obtida através de dois métodos distintos consoante a amostra em estudo. Para a determinação da proteína nas amostras de GSD utilizou-se o método químico de Kjeldahl (AOAC, 2011). Pesou-se 1 g de tecido adiposo, envolveu-se em película aderente e colocou-se dentro de um tubo de digestão, fazendo-se a análise de cada amostra em triplicado. Foram adicionados a cada tubo 12 mL de ácido sulfúrico e 5 mL de peróxido de hidrogénio e o conjunto foi colocado a digerir 1h até atingir 420°C. Após arrefecimento, as amostras foram colocadas no aparelho Kjeldahl e o resultado em azoto total foi lido no aparelho e registado. O valor de proteína bruta foi obtido pela multiplicação do valor de azoto total pelo fator de conversão 6,25.

Para a determinação da proteína nos três músculos, *Longissimus lumborum*, *Semimembranosus* e *Gluteus medius*, a proteína foi quantificada através do método de combustão de Dumas (método 992.15, AOAC (2011)) num Leco FP-528 (Leco Corp., USA). Foi pesada para uma folha de estanho, cerca 153 ± 3 mg de amostra previamente liofilizada, homogeneizada e guardada em vácuo a -30°C. De seguida a amostra foi colocada no aparelho e analisada. Cada amostra foi feita em duplicado, a média aritméticas das percentagens de

azoto total das duas réplicas foram multiplicadas pelo fator de conversão 6,25 e foi obtido o valor da proteína bruta presente na amostra.

4.2.1.3. Colagénio total e solúvel

O método utilizado para determinação de colagénio total e solúvel foram os descritos por Woessner (1961) e Etherington & Sims (1981) e tendo como base uma adaptação ao método de referência da ISO – 3496/1978.

Colagénio total

O método de determinação do colagénio total consiste em duas fases distintas: a hidrólise ácida e a determinação do teor em hidroxiprolina (Etherington e Sims, 1981; Woessner, 1961).

Hidrolise ácida

Foram pesados para tubos de ensaio de 20 mL, cerca de 150 ± 2 mg de amostra previamente liofilizada, homogeneizada e guardada em vácuo a -30°C . De seguida adicionou-se 10 mL de HCl 6N e incubou-se durante 18 h a 115°C num bloco de aquecimento. Juntaram-se cerca de 100 mg de carbono ativado e seguidamente, o produto foi filtrado e preparado em duplicado em tubos de 10mL, uma diluição de 1:5 do filtrado ($200\mu\text{L}$ do filtrado + $800\mu\text{L}$ de água destilada).

Determinação do teor de hidroxiprolina

Em tubos de 10 mL, foi preparada uma gama de hidroxiprolina para obtenção da curva de calibração, com base numa solução mãe de $100\mu\text{g/mL}$:

branco (1mL de HCl 1,2N), tubo 1 ($990\mu\text{L}$ de HCl 1,2N + $10\mu\text{L}$ de hidroxiprolina), tubo 2 ($980\mu\text{L}$ de HCl 1,2N + $20\mu\text{L}$ de hidroxiprolina), tubo 3 ($960\mu\text{L}$ de HCl 1,2N + $40\mu\text{L}$ de hidroxiprolina), tubo 4 ($940\mu\text{L}$ de HCl 1,2N + $60\mu\text{L}$ de hidroxiprolina), tubo 5 ($920\mu\text{L}$ de HCl 1,2N + $80\mu\text{L}$ de hidroxiprolina) e tubo 6 ($900\mu\text{L}$ de HCl 1,2N + $100\mu\text{L}$ de hidroxiprolina).

A todos os tubos (amostras previamente preparadas e pontos da curva) foi adicionado 1 mL NaOH 1.2N, 1 mL de Cloramina T, agitou-se e deixou-se em repouso em hote por 20 minutos. Posteriormente foi adicionado 1 mL de ácido perclórico e 1 mL do reagente de Ehrlich, os tubos foram tapados e agitados.

O conjunto foi a incubar em banho-maria a 60°C durante 20 minutos. Após o banho (Figura 4.2) procedeu-se ao arrefecimento do conjunto de amostras mais curva e foi lida a

absorvância a 557 nm. Primeiro o espectrofotômetro foi calibrado com o branco, de seguida foram lidos os tubos da curva de calibração e seguidamente as amostras.



Figura 4.2 - Tubos com amostra de colagénio total após incubação em banho-maria a 60°C.

Colagénio solúvel

O método de determinação do colagénio solúvel (Hill, 1966) consiste em duas fases distintas, assim como para o colagénio total, no entanto existe uma etapa prévia à hidrólise ácida, a de extração.

Foram pesadas para tubos de ensaio de 15 mL, cerca de 300 ± 2 mg de amostra previamente liofilizada, homogeneizada e guardada a vácuo a -30° C. Em cada tubo foram adicionados 7 mL de líquido de Ringer, os tubos foram fechados e colocados no aparelho de ultrassons a 77° C durante 1 hora, de modo a obter a extração celular. Posteriormente, os tubos sofreram nova agitação e foram colocados na centrífuga a $4000g$ durante 30 minutos a 20° C. Foram recolhidos 3 mL de sobrenadante de cada tubo para tubos de ensaio de 20 mL. Ao precipitado de cada tubo foram adicionados 3 mL do líquido de Ringer e agitou-se vigorosamente. Os tubos foram recolocados na centrífuga nas mesmas condições iniciais.

Foram recolhidos 2 mL do sobrenadante para os mesmos tubos de ensaio. Aos tubos, com 5 mL de sobrenadante, juntou-se 5 mL de HCl 12N e foram ao bloco de aquecimento durante 18 h a 115° C. Realizou-se a hidrólise ácida e a determinação do teor de hidroxiprolina nas mesmas condições e segundo o mesmo procedimento utilizado para o colagénio total, fazendo a leitura das amostras após banho-maria (Figura 4.3), em espectrofotómetro a 557 nm (Etherington e Sims, 1981; Woessner, 1961).



Figura 4.3 - Amostras de colagénio solúvel após incubação em banho-maria a 60°C.

4.2.1.4. Lípidos totais

Os lípidos totais da GSD foram extraídos de amostras da capa interna guardadas a -30°C, segundo o método de Soxhlet (método 991.36) (AOAC, 2011). Os lípidos totais das amostras (cerca de 1 g) foram extraídos com recurso a éter de petróleo, num aparelho automático Soxtherm Multistat SX PC (Gerhardt, Alemanha).

Os lípidos totais dos músculos LL, SM e GM foram extraídos de amostras previamente liofilizadas, homogeneizadas e guardadas a -30°C, segundo o método de Folch *et al.* (1957). Os lípidos totais das amostras de músculo liofilizado (cerca de 1,5 g) foram extraídos com uma mistura de clorofórmio e metanol (60:40 v/v) à qual foi adicionado 100 mg/L do antioxidante BHT.

O extrato obtido foi evaporado num banho-maria B-480 (Buchi, Suíça) a 30°C com a ajuda de um Evaporotor Vacobox B-177 (Buchi, Suíça) equipado com um controlador de vácuo B-720 (Buchi, Suíça). Foi calculada o teor em lípidos totais de cada amostra $[(\text{peso do balão com o extrato} - \text{tara do balão}) / \text{peso da amostra}] \times 100$.

4.2.1.5. pH

As leituras de pH foram feitas diretamente no músculo após descongelação. Foi utilizado um potenciômetro pHenomenal (modelo pH 1000L, VWR), com correção de temperatura da amostra, através de um eletrodo penetrante ((LoT406-M6-DXK-S7/25, Mettler-Toledo GmbH) e um sensor de temperatura. O aparelho foi previamente calibrado com soluções padrão de 4,00 e 7,00 (NP-3441, 1979). O valor do pH foi dado pela média aritmética das leituras (2 leituras por amostra).

4.2.1.6. Pigmentos totais

A determinação foi feita de acordo com o método de Hornsey (1956), que consiste na separação do grupo heme da globina de uma amostra de músculo. Pesaram-se 10 g de amostra triturada para um balão de vidro esmerilado e adicionaram-se 40 mL de acetona e 2 mL de água destilada (Figura 4.4). Agitou-se a solução vigorosamente durante 1 minuto, foi adicionado 1 mL de HCL concentrado (12N), e deixou-se a amostra em repouso durante 1 h no escuro a 4º C. Seguidamente filtrou-se com papel de filtro (Whatman nº40) para um tubo de ensaio e procedeu-se à leitura da absorvância em espectrofotómetro a 640 nm.

O valor final é apresentado em partes por milhão (ppm) obtendo-se multiplicando a densidade ótica por 680. O valor de mioglobina total foi obtido multiplicando o valor dos pigmentos totais por 0,026, sendo expresso em mg/g (Cava *et al.*, 2003). Para cada amostra foram feitas 2 a 3 réplicas, consoante a disponibilidade da amostra inicial.



Figura 4.4 - Balões com amostra + acetona e água destilada (a), Filtração para tubos de ensaio das amostras (b).

4.2.1.7. Cor

Para determinação da cor, foram utilizadas amostras descongeladas de GSD (capa interna) e de músculo, tendo estas últimas sido limpas de toda a capa de gordura externa e submetidas a um corte longitudinal de modo a abrir e a expor as faces internas ao ar, durante aproximadamente 20 a 30 minutos, conseguindo-se assim o efeito de “blooming”. A leitura da cor foi feita através do uso de um colorímetro (Konica Minolta CR-400), em sistema iluminante D65 e espaço de cor $L^*a^*b^*$ ou CIELAB, de acordo com o CIE (1976). Foram feitas seis leituras, sempre que possível três em cada face da amostra cortada. Os valores de L^* a^* b^* foram registados diretamente num computador e foi feita uma média aritmética das leituras.

4.2.1.8. Perda de água por gotejamento (“drip loss”)

A análise de perda por gotejamento de amostras de LL foi determinado segundo o método de Christensen (2003). As amostras cilíndricas (2,5 cm de diâmetro x 2,5 cm de altura) foram inicialmente pesadas e armazenadas em recipientes plásticos de gotejamento a 4°C. A perda por gotejamento foi expressa como a diferença (%) do peso inicial da amostra após 24h.

4.2.1.9. Perda de água por descongelamento (“thawing loss”)

O método de quantificação da perda de água por descongelamento consiste na diferença de peso do músculo antes e após descongelamento. As amostras de LL utilizadas foram recolhidas especificamente para esta análise (porções de lombo com 10 cm de comprimento) e por isso não precisaram de preparação prévia para além de serem limpas da capa de gordura externa.

A amostra foi retirada do saco de congelação e pesada, tendo de seguida sido descongelada no saco durante 24 h à temperatura de 4°C. A amostra foi novamente retirada do saco, limpa de humidade e pesada novamente. A diferença de peso determina o valor de perda de água por descongelamento (Lebret *et al.*, 2015).

4.2.1.10. Perda de água por cozedura (“cooking loss”)

Após a determinação da perda de água por descongelamento a amostra de LL foi limpa e cortada de acordo com dimensões específicas (5 cm de dimensão no sentido das fibras da carne, 8 cm de comprimento e 4 cm de altura) e colocada em sacos de vácuo. Os sacos foram colocados durante 50 minutos em banho-maria e cozidos à temperatura controlada de 70° C. Após a cozedura os sacos foram retirados do banho e arrefecidos a 4°C (Figura 4.5). A amostra foi retirada do saco e foi novamente pesada. A diferença de peso determina o valor de perda de água por cozedura (Lebret *et al.*, 2015).

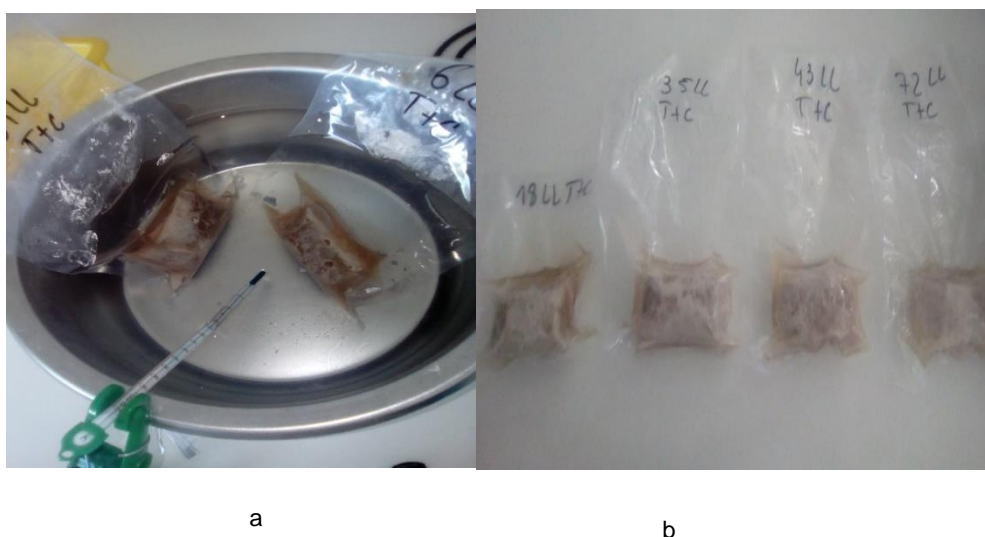


Figura 4.5 - Cozimento das amostras de em banho-maria a 70°C (a). Amostras de músculo após cozedura (b).

4.2.2. Parâmetros reológicos – Perfil de textura

Os parâmetros reológicos foram determinados em amostras de LL, com recurso a um texturómetro TA:HD: Plus (Stable Micro Systems LTD, Surrey, UK) com uma célula de carga de 25kg. Os dados foram representados graficamente em tempo real através do software “Texture Exponent 32 versão 5.1.1.0” da Stable Micro Systems.

4.2. 2. 1. Força de corte Warner-Bratzler (WBSF)

Da amostra resultante da cozedura, foram cortadas entre 8 a 12 porções de carne em paralelepípedo (1 cm x 1 cm x 3 cm de comprimento no sentido das fibras) para a realização do teste de força de cisalhamento Warner-Bratzler. As porções foram colocadas sobre a base do aparelho de modo a que o corte fosse feito no sentido perpendicular às fibras musculares (Figura 4.6).

Determinou-se a força de corte com uma lâmina WB de corte em “V” com 1,2 mm de espessura, a uma velocidade de 3 mm/s, a uma distância inicial de 3 cm, seguindo a metodologia de Honikel (1998), com representação gráfica na Figura 4.7.

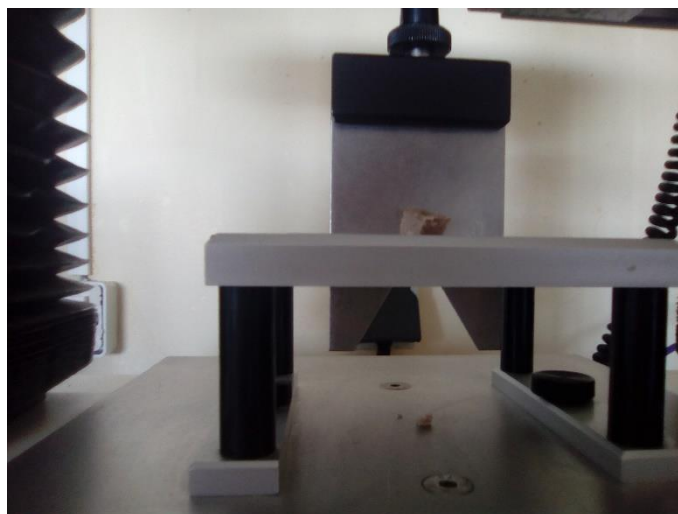


Figura 4.6 - Corte de força de cisalhamento com lâmina Warner Bratzler “V”, em texturómetro no momento que a lâmina alcança a amostra.

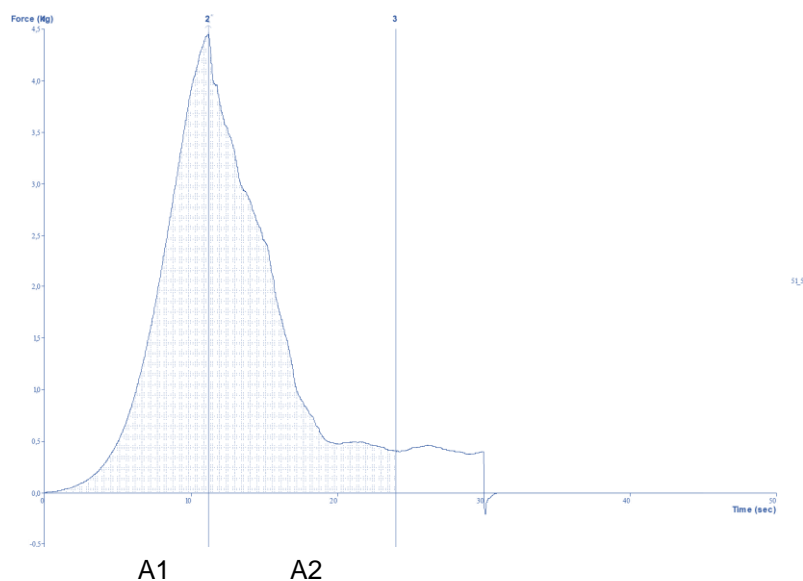


Figura 4.7 – Imagem de gráfico obtido através de texturómetro de força de cisalhamento Warner-Bratzler.

A Figura 4.7 representa o gráfico tipo obtido no teste de força de cisalhamento Warner-Bratzler onde A1 representa a área da força máxima (N ou kg) e A2 representa a área da força até 26s, momento em que finaliza o corte.

4.2.2.2. Análise de perfil de textura (TPA)

Foram cortadas duas secções da amostra cozida com 1 cm de espessura para a realização da análise de perfil de textura.

Procedeu-se ao teste TPA com uma sonda cilíndrica de 2 mm de base plana (p/2), representada na Figura 4.8, a uma velocidade de 1mm/s, tempo de repouso entre a primeira e segunda dentada de 5s, a uma profundidade de penetração de amostra de 8mm, seguindo a metodologia de Honikel (1998). Foram efetuadas 4 medições por cada amostra. O teste de perfil de textura (TPA) origina gráficos do género do apresentado na Figura 4.8, onde os picos representam a força máxima (kg ou N) da primeira dentada e da segunda dentada, respetivamente.

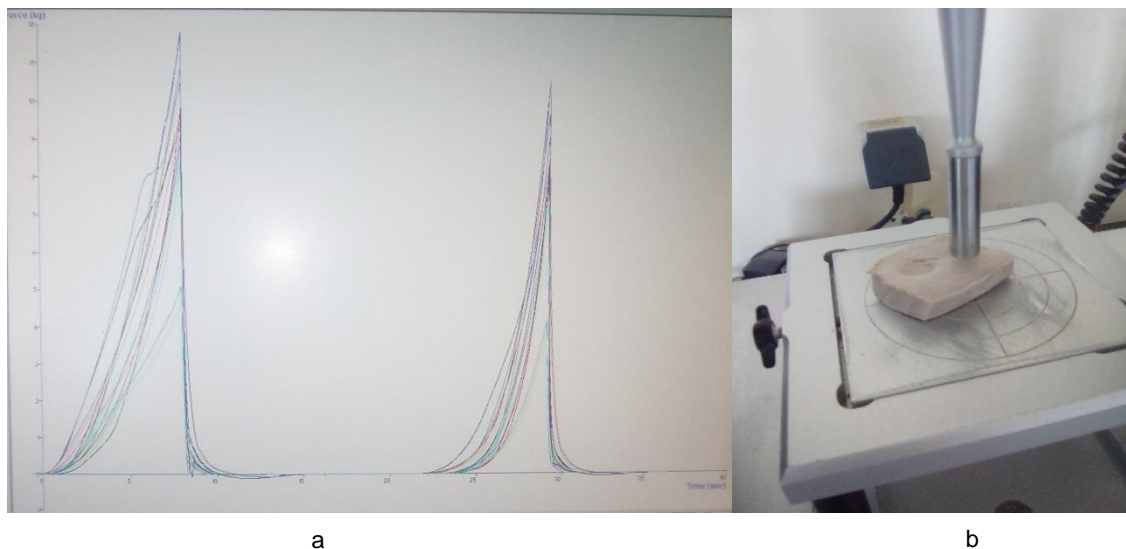


Figura 4.8 - Exemplo de gráfico obtido de espectro de textugrama de TPA (a). Demonstração do teste de TPA com sonda cilíndrica de 2mm de diâmetro (b).

4.3. Análise estatística

Os resultados nesta tese são apresentados sob a forma de média \pm erro padrão. A análise estatística foi realizada através de uma análise de variâncias univariada (ANOVA) com o software estatístico IBM SPSS Statistics software (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 24.0. Armonk, NY, IBM Corp.). As diferenças foram consideradas significativas quando $P < 0,05$, e probabilidades entre 0,05 e 0,10 foram consideradas tendências.

Capítulo 5 – Resultados

5.1. Características zootécnicas e físico-químicas no peso de abate aos 65 kg

5.1.1. Dados de crescimento e carcaça

Os dados de crescimento dos grupos em estudo aos 65 kg encontram-se na Tabela 5.1. Os animais presentes no ensaio não apresentaram diferenças significativas ($P \geq 0,05$) para o peso inicial, bem como para o peso final.

Tabela 5.1 - Dados de crescimento dos porcos Alentejano (AL) (n=20), Bísaro (BI) (n=19), ALBI (n=20) e BIAL (n=20) aos 65 kg de peso vivo.

	AL	BI	ALBI	BIAL	Significância
Peso inicial (kg)	28,4±0,9	29,0±0,9	27,4±0,6	29,8±1,1	NS
Peso final (kg)	64,6±0,5	64,2±0,5	64,4±0,4	65,1±0,4	NS
Dias de ensaio (d)¹	108,6 ^a ±3,0	89,8 ^b ±3,1	101,0 ^a ±3,5	89,0 ^b ±4,0	***
Ganho médio diário (g/d)	333,6 ^b ±6,5	396,5 ^a ±12,0	374,5 ^a ±11,7	401,5 ^a ±9,8	***

Significância: *** $P < 0,001$, NS - $P \geq 0,05$;

¹Média de temperatura durante o ensaio: 11.2°C; Média de temperatura máxima durante o ensaio: 17.4°C; Média de temperatura mínima durante o ensaio: 6.5°C; Média de humidade relativa durante o ensaio: 75.0%.

Nota: Dados recolhidos no âmbito do Projeto TREASURE.

O ganho médio diário entre peso inicial e o final para os diferentes genótipos foi significativamente diferente. Este ganho foi inferior para o porco Alentejano ($P < 0,001$). O grupo ALBI foi o segundo a registar o menor ganho médio diário. Por seu lado, os porcos BI e BIAL foram os que apresentaram um ganho médio diário superior. Esta situação repercutiu-se no número de dias de ensaio de cada genótipo. Assim, para atingir os 65 kg, o número de dias de ensaio necessários foi superior para o porco Alentejano ($P < 0,001$), tendo o grupo ALBI sido o segundo a registar o maior número de dias de ensaio. Por seu lado, os porcos BI e BIAL foram os que apresentaram um número de dias inferior para atingir o peso estipulado (Tabela 5.1).

Os resultados do peso da carcaça, peças de corte e órgãos para o abate aos 65 kg encontram-se descritos na Tabela 5.2. O peso da carcaça quente, bem como a profundidade muscular medida pelo método ZP (Profundidade muscular mínima entre a extremidade anterior do músculo *Gluteus medius* e a região dorsal do canal medular) e o peso do fígado e vesícula dos animais dos 4 genótipos não apresentaram diferenças significativas ($P \geq 0,05$) aos 65kg.

Tabela 5.2 - Características de carcaça e suas peças dos porcos Alentejano (AL) (n=10), Bísaro (BI) (n=10), ALBI (n=10) e BIAL (n=10) abatidos aos 65 kg de peso vivo.

	AL	BI	ALBI	BIAL	Significância
Peso da carcaça quente (kg)	47,0±0,6	48,0±0,6	48,1±0,5	47,8±0,5	NS
Comprimento da carcaça (cm)	71,8 ^c ±1,6	82,1 ^a ±0,4	75,4 ^b ±0,6	76,0 ^{bc} ±1,4	***
Rendimento da carcaça (%)	73,3±0,5	75,2±0,5	74,9±0,5	73,9±0,6	NS (0.07)
Peças magras (kg)¹	10,7 ^c ±0,2	12,5 ^a ±0,3	11,6 ^b ±0,1	11,8 ^{ab} ±0,2	***
Peças ósseas (kg)²	3,58 ^c ±0,09	4,65 ^a ±0,16	4,04 ^b ±0,11	4,19 ^b ±0,11	***
Peças gordas (kg)³	8,3 ^a ±0,2	5,9 ^c ±0,2	6,8 ^b ±0,4	6,7 ^b ±0,3	***
Relação peças magras/peças gordas	1,28 ^c ±0,04	1,99 ^a ±0,07	1,56 ^b ±0,04	1,87 ^a ±0,09	***
Espessura média da gordura subcutânea dorsal (mm)⁴	38,1 ^a ±01,3	21,1 ^c ±1,9	32,5 ^b ±2,8	30,4 ^b ±1,4	***
Profundidade de gordura ZP (mm)⁵	25,2 ^a ±1,7	16,9 ^b ±1,2	22,8 ^a ±1,5	24,1 ^a ±1,5	**
Carne magra: Profundidade muscular ZP (mm)⁶	48,2±0,7	47,6±0,2	48,7±0,3	49,1±0,2	NS

Significância: *** P<0,001; ** P<0,01, NS - P≥0,05;

¹Soma das peças pá, lombo, presunto e lombinho; ²Soma das peças vão das costelas e entrecosto; ³Soma das peças entremeada e toucinho; ⁴Média das medidas realizadas entre a última vértebra cervical e a primeira vértebra torácica (ao nível da primeira costela) e a última vértebra torácica e primeira lombar (ao nível da última costela); ⁵ Profundidade mínima de gordura (incluindo a pele) sobre o músculo *Gluteus medius*; ⁶ Profundidade muscular mínima entre a extremidade anterior do músculo *Gluteus medius* e a região dorsal do canal medular.

Nota: Dados recolhidos no âmbito do Projeto TREASURE.

O rendimento da carcaça (%), calculado como a relação entre o peso do animal vivo e o peso da carcaça obtida, não apresentou diferenças significativas entre grupos, apesar de ter tendido (P=0,07) a ser inferior no grupo AL, quando comparado com o BI e o ALBI (Tabela 5.2).

O grupo BI apresentou valores de comprimento da carcaça, bem como peso de peças magras e peças ósseas superiores aos valores apresentados pelos AL (P<0,001). Rera geral, os animais cruzados (ALBI e BIAL) apresentaram valores intermédios. Por outro lado, os AL apresentaram um peso em peças gordas, uma espessura média da GSD e uma profundidade de gordura medida pelo método ZP (profundidade mínima de gordura (incluindo a pele) medida sobre o músculo *Gluteus medius*) superiores aos valores apresentados pelos BI, com, mais uma vez, os cruzados a apresentarem valores intermédios em relação aos genótipos puros.

Por fim, a relação entre o peso das peças magras e o das peças gordas foi superior nos porcos BI, quando comparados com os restantes genótipos, apresentando os AL (e seguidamente os ALBI) as relações mais baixas.

5.1.2. Características físico-químicas da gordura subcutânea dorsal

A Tabela 5.3 apresenta os valores obtidos das análises físico-químicas e parâmetros de cor da gordura subcutânea dorsal dos animais abatidos aos 65 kg PV. Não foram registadas diferenças significativas nos valores da proteína total e nos parâmetros de cor nos grupos estudados ($P \geq 0,05$).

Tabela 5.3 - Composição química, e parâmetros de cor da gordura subcutânea dorsal dos porcos Alentejano (AL) (n=10), Bísaro (BI) (n=10), ALBI (n=10) e BIAL (n=10) abatidos aos 65 kg de peso vivo.

	AL	BI	ALBI	BIAL	Significância
Humidade (g/100g)	7,3 ^c ±0,5	11,0 ^a ±0,4	8,5 ^{bc} ±0,6	9,0 ^b ±0,3	***
Proteína total (g/100g)	1,42±0,24	1,59±0,25	1,42±0,15	1,48±0,08	NS
Lípidos totais (g/100g)	85,0 ^a ±0,6	71,5 ^b ±2,4	81,4 ^a ±1,4	81,6 ^a ±1,4	***
Luminosidade (Cie L*)	82,3±1,4	80,7±0,8	81,1±0,4	80,6±0,3	NS
Coordenada cromática Cie a* ("Redness")	2,91±0,19	3,50±0,10	3,18±0,27	3,29±0,20	NS
Coordenada cromática Cie b* ("Yellowness")	4,84±0,43	5,17±0,18	4,92±0,49	4,97±0,28	NS
Cromaticidade (C)	5,7±0,4	6,2±0,2	5,9±0,5	6,0±0,3	NS
Angulo de tono (H°)	58,3±1,5	55,9±0,6	56,7±1,4	56,4±1,7	NS
Saturação	0,07±0,01	0,08±0,01	0,07±0,01	0,07±0,01	NS

Significância: *** $P < 0,001$, NS - $P \geq 0,05$.

Verifica-se que os BI apresentaram maior teor de humidade na gordura subcutânea dorsal que os AL ($P < 0,001$). Os grupos de cruzados, apresentam valores de humidade mais baixos e sem diferenças significativas entre eles, sendo que os ALBI também não apresentaram diferenças significativas em relação aos AL. Contrariamente ao que se observou na humidade, os lípidos totais da gordura subcutânea dorsal foram superiores nos AL ($P < 0,001$) relativamente aos BI, não sendo significativamente diferentes nos cruzados, apesar de serem numericamente inferiores.

5.1.3. Características físico-químicas nos tecidos musculares: *Longissimus lumborum* e *Semimembranosus*

Longissimus lumborum

Das análises físico-químicas realizadas no músculo *Longissimus lumborum* de animais abatidos aos 65kg PV (Tabela 5.4), a proteína total, a perda de água por descongelação, o colagénio solúvel e a coordenada cromática Cie b* não apresentaram diferenças significativas ($P \geq 0,05$).

Tabela 5.4 - Composição química, pH, perdas de água e parâmetros de cor do m. *Longissimus lumborum* dos porcos Alentejano (AL) (n=10), Bísaro (BI) (n=10), ALBI (n=10) e BIAL (n=10) abatidos aos 65 kg de peso vivo.

	AL	BI	ALBI	BIAL	Significância
Humidade (g/100g)	73,1 ^b ±0,3	74,7 ^a ±0,4	73,6 ^{ab} ±0,7	73,3 ^b ±0,3	*
Proteína total (g/100g)	22,8±0,2	22,1±0,5	22,6±0,5	23,1±0,3	NS
Lípidos intramusculares totais (g/100g)	6,7 ^a ±0,4	5,5 ^b ±0,2	5,9 ^{ab} ±0,3	5,6 ^b ±0,2	*
Mioglobina (mg/g)	0,76 ^a ±0,02	0,54 ^b ±0,06	0,69 ^a ±0,03	0,65 ^{ab} ±0,03	**
Colagénio total (mg/g MS)	13,9 ^a ±0,5	17,1 ^b ±0,9	15,3 ^{ab} ±0,5	15,7 ^{ab} ±0,9	*
Colagénio solúvel (mg/g MS)	1,68±0,17	1,82±0,12	1,73±0,17	1,73±0,08	NS
Colagénio solúvel (% colagénio total)	12,0±1,0	10,9±1,0	11,5±1,1	11,3±0,9	NS
pH (24 h post mortem)	5,57 ^a ±0,02	5,44 ^b ±0,02	5,45 ^b ±0,02	5,50 ^b ±0,03	**
Perda de água por gotejamento (g/100g)	1,35 ^c ±0,13	3,76 ^a ±0,34	2,24 ^b ±0,15	2,74 ^b ±0,21	***
Perda de água por descongelação (g/100g)	7,3±0,7	11,4±2,1	7,9±1,5	10,8±2,2	NS
Perda de água por cozedura (g/100g)	17,7 ^b ±1,2	28,9 ^a ±1,8	21,5 ^b ±1,9	22,0 ^b ±1,8	**
Luminosidade (Cie L*)	50,8 ^c ±0,6	55,7 ^a ±0,8	53,0 ^b ±0,6	53,5 ^b ±0,9	***
Coordenada cromática Cie a* ("Redness")	10,3 ^a ±0,3	7,8 ^b ±0,4	10,3 ^a ±0,2	10,2 ^a ±0,3	***
Coordenada cromática Cie b* ("Yellowness")	3,57±0,19	4,00±0,21	4,04±0,06	3,93±0,19	NS
Cromaticidade (C)	11,0 ^a ±0,3	8,8 ^b ±0,4	11,0 ^a ±0,2	11,1 ^a ±0,4	***
Ângulo de tono (H°)	19,1 ^b ±1,1	27,3 ^a ±1,3	21,5 ^b ±0,4	20,7 ^b ±0,8	***
Saturação	0,22 ^a ±0,01	0,16 ^b ±0,01	0,21 ^a ±0,01	0,21 ^a ±0,01	***

Significância: *** P<0,001, ** P<0,01; * P<0,05, NS - P≥0,05.

Foram, no entanto, encontradas diferenças significativas (P<0,05) para os valores de humidade, superiores nos BI em relação aos AL e aos BIAL. Em relação ao cruzamento ALBI não houve diferenças significativas, apesar do valor nos BI prevalecer sobre este. O contrário verificou-se nos valores de lípidos intramusculares, superiores nos AL em relação aos dos BI, ALBI e BIAL (P<0,05).

Os resultados apresentados relativos aos lípidos totais intramusculares indicam que houve diferenças significativas (P<0,05) aos 65kg, com os AL a apresentarem valores superiores em lípidos intramusculares do LL quando comparados com os BI e BIAL, com um conteúdo de 6,7±0,5 g/100g. O cruzamento ALBI não apresentou diferenças estatisticamente significativas em relação aos genótipos puros.

O teor de mioglobina foi significativamente ($P < 0,01$) superior nos AL e ALBI em relação aos BI, com os cruzados BIAL a apresentarem valores não significativamente diferentes dos restantes grupos experimentais. Nos resultados correspondentes ao colagénio total, registaram-se diferenças significativas ($P < 0,05$), com os BI a apresentarem valores superiores relativamente aos AL.

Os valores de pH registados na Tabela 5.4 relativos ao músculo LL apresentam diferenças significativas ($P < 0,01$) para o grupo AL, com valores superiores ao grupo BI tal como em relação aos grupos de cruzados.

Na Tabela 5.4 verificam-se diferenças significativas ($P < 0,001$) nos valores da perda de água por gotejamento (“drip loss”), com os valores dos BI consideravelmente superiores aos dos AL, e com valores dos cruzados intermédios entre estes. Na perda de água por descongelamento os grupos experimentais não mostraram diferenças significativas ($P \geq 0,05$) entre si, apesar dos valores dos BI serem numericamente superiores aos dos restantes genótipos (tabela 5.4). Relativamente aos valores de perda de água por cozedura (“cooking loss”) houve diferenças significativas ($P < 0,01$). Os BI apresentaram valores superiores aos AL, ALBI e BIAL, sendo a diferença mais acentuada para os AL.

Nos parâmetros relativos à cor, a coordenada cromática Cie b* não apresentou resultados significativamente diferentes entre grupos experimentais ($P \geq 0,05$). Por outro lado, foram encontradas diferenças significativas nos restantes parâmetros de cor. Na luminosidade, os BI apresentaram valores superiores em relação aos AL, o mesmo se verificando no ângulo de tono. Nos restantes parâmetros de cor (coordenada cromática Cie a*, cromaticidade e saturação) o grupo BI apresentou valores inferiores em relação aos outros três grupos experimentais, que apresentaram entre si resultados muito idênticos.

Aos 65 kg a força de cisalhamento do LL foi superior para os BI, registando-se diferenças significativas ($P < 0,001$) com os restantes grupos. O grupo que apresentou menor valor numérico de força de cisalhamento foi o dos AL (Tabela 5.5).

Tabela 5.5 - Parâmetros reológicos de força de cisalhamento Warner-Bratzler do *m. Longissimus lumborum* dos porcos Alentejano (AL) (n=10), Bísaro (BI) (n=10), ALBI (n=10) e BIAL (n=10) abatidos 65 kg de peso vivo.

	AL	BI	ALBI	BIAL	Significância
Força de cisalhamento Warner-Bratzler (N)	26,6 ^b ±2,7	47,4 ^a ±4,1	30,4 ^b ±2,2	34,1 ^b ±2,4	***

Significância: *** $P < 0,001$.

Semimembranosus

Relativamente aos 65 kg no músculo *Semimembranosus*, a proteína total, o colagénio solúvel, o pH, a coordenada cromática Cie b* e a cromaticidade não apresentaram diferenças significativas ($P \geq 0,05$) nos resultados obtidos entre os diferentes grupos em estudo (Tabela 5.6).

Tabela 5.6 - Composição química, pH e parâmetros de cor do m. *Semimembranosus* dos porcos Alentejano (AL) (n=10), Bísaro (BI) (n=10), ALBI (n=10) e BIAL (n=10) abatidos aos 65 kg de peso vivo.

	AL	BI	ALBI	BIAL	Significância
Humidade (g/100g)	71,8 ^b ±0,5	74,0 ^a ±0,2	72,2 ^b ±1,1	72,8 ^{ab} ±0,2	*
Proteína total (g/100g)	23,8±0,2	22,8±0,3	23,3±0,5	23,2±0,2	NS
Lípidos intramusculares totais (g/100g)	5,5±0,5	4,7±0,2	5,3±0,5	5,2±0,3	NS
Mioglobina (mg/g)	0,42 ^a ±0,05	0,18 ^b ±0,02	0,40 ^a ±0,05	0,33 ^a ±0,05	**
Colagénio total (mg/g MS)	15,7 ^b ±0,5	19,0 ^a ±0,8	17,2 ^{ab} ±0,4	17,7 ^a ±0,7	*
Colagénio solúvel (mg/g MS)	1,79±0,10	1,74±0,15	1,72±0,12	1,76±0,12	NS
Colagénio solúvel (% colagénio total)	11,5 ^a ±0,7	9,2 ^b ±0,6	10,0 ^{ab} ±0,7	10,0 ^{ab} ±0,7	*
pH (24 h post mortem)	5,42±0,04	5,52±0,04	5,48±0,04	5,50±0,06	NS
Luminosidade (Cie L*)	43,0 ^b ±1,1	46,6 ^a ±1,2	45,1 ^{ab} ±0,7	44,8 ^{ab} ±0,8	*
Coordenada cromática Cie a* ("Redness")	13,5 ^a ±0,7	11,7 ^b ±0,5	12,1 ^{ab} ±0,3	13,1 ^{ab} ±0,3	*
Coordenada cromática Cie b* ("Yellowness")	6,6±0,3	7,1±0,4	6,8±0,2	7,0±0,2	NS
Cromaticidade (C)	15,1±0,8	13,8±0,6	13,9±0,3	14,8±0,3	NS
Ângulo de tono (H°)	26,3 ^c ±1,1	31,4 ^a ±1,0	29,5 ^{ab} ±0,9	28,3 ^{bc} ±0,7	**
Saturação	0,36 ^a ±0,02	0,30 ^b ±0,02	0,31 ^{ab} ±0,01	0,33 ^{ab} ±0,01	*

Significância: ** $P < 0,01$; * $P < 0,05$, NS - $P \geq 0,05$.

No SM foram encontradas diferenças significativas ($P < 0,05$) para os valores de humidade, onde os BI apresentaram valores superiores em relação aos AL e aos ALBI (Tabela 5.6). Já os valores correspondentes aos lípidos intramusculares totais, apesar de maiores nos AL que nos BI, não atingiram diferenças estatisticamente significativas.

O teor em mioglobina seguiu a tendência dos valores registados no músculo LL, com diferenças significativas ($P < 0,01$) entre os grupos, onde os AL foram superiores aos BI, e valores muito idênticos aos dos registados nos cruzados (Tabela 5.6). Relativamente ao colagénio total, houve diferenças significativas ($P < 0,05$), com os BI a apresentarem valores superiores aos dos AL. Já para o colagénio solúvel em percentagem do colagénio total, as

diferenças significativas ($P<0,05$) foram ao contrário, com os AL a mostrarem valores superiores aos dos BI. Em ambos os casos, os cruzados apresentaram valores intermédios.

Por fim, verificaram-se diferenças significativas em alguns parâmetros da cor. Os valores correspondentes à luminosidade e ao ângulo de tono apresentaram diferenças significativas ($P<0,05$ e $P<0,01$, respetivamente), com os valores dos BI a serem superiores aos dos AL. Na coordenada cromática a^* e na saturação também houve diferenças significativas ($P<0,05$) nos resultados, desta vez com os AL a registar valores superiores aos dos BI.

5.2. Características zootécnicas e físico-químicas no peso de abate aos 150 kg

5.2.1. Dados de crescimento e carcaça

Relativamente aos dados de crescimento correspondentes ao peso de abate de 150 kg (Tabela 5.7), não houve diferenças significativas ($P\geq 0,05$) entre os vários genótipos, contudo os grupos AL e ALBI seguem a tendência visualizada nos 65 kg de crescimento mais lento e menor ganho de peso ao abate.

Tabela 5.7 - Dados de crescimento dos porcos Alentejano (AL) (n=9), Bísaro (BI) (n=9), ALBI (n=9) e BIAL (n=9) abatidos aos 150 kg de peso vivo.

	AL	BI	ALBI	BIAL	Significância
Peso inicial (kg)	65,1±0,9	65,6±0,8	64,8±0,7	65,2±0,6	NS
Peso final (kg)	152,7±1,9	150,0±2,2	147,2±1,6	152,4±1,8	NS
Dias de ensaio (d)¹	146,1±1,9	135,3±7,4	150,0±6,3	137,8±2,8	NS
Ganho médio diário (g/d)	602,7±14,9	638,8±37,3	556,2±21,4	633,3±11,7	NS

Significância: NS - $P\geq 0,05$;

¹Temperatura média durante o ensaio: 21.9°C; Temperatura média máxima durante o ensaio: 31.1°C; Temperatura média mínima durante o ensaio: 13.7°C; Humidade relativa média durante o ensaio: 56.3%.

Nota: Dados recolhidos no âmbito do Projeto TREASURE.

Os resultados do peso da carcaça quente, profundidade muscular da carne magra calculada pelo método ZP e pH aos 120 minutos *post mortem* dos músculos *Semimembranosus* e *Gluteus medius* não apresentaram diferenças significativas ($P\geq 0,05$) para os quatro genótipos abatidos aos 150 kg (Tabela 5.8). No comprimento da carcaça e nas peças ósseas os BI registaram valores superiores ($P<0,001$ e $P<0,01$, respetivamente) em relação aos restantes grupos. Para o rendimento da carcaça, os grupos AL e ALBI registaram valores mais elevados, com o último a apresentar diferenças significativas para BI e BIAL ($P<0,01$). Por sua vez, no somatório das peças magras (ou rendimento comercial), destacam-se os grupos BI e BIAL com valores mais altos que os AL e ALBI, mas só se verificaram diferenças

significativas entre os cruzados ($P < 0,05$). Tal como verificado no abate aos 65 kg, esta relação inverteu-se no caso das peças gordas, onde os valores dos AL e dos ALBI foram os mais elevados. Estas diferenças numéricas originaram diferenças estatísticas que mostram o grupo AL como superior a todos os outros e os grupos de cruzados superiores ao dos BI ($P < 0,001$). Na relação peças magras/peças gordas os BI registaram novamente valores mais elevados, com diferenças significativas ($P < 0,001$) para os AL e ALBI.

Tabela 5.8 - Características de carcaça e suas peças e dos porcos Alentejano (AL) (n=9), Bísaro (BI) (n=9), ALBI (n=9) e BIAL (n=9) abatidos aos 150 kg de peso vivo.

	AL	BI	ALBI	BIAL	Significância
Peso da carcaça quente (kg)	125,8±1,4	121,7±1,9	123,2±1,6	123,9±1,2	NS
Comprimento da carcaça (cm)	88,7 ^c ±1,7	104,8 ^a ±3,5	96,6 ^b ±1,6	94,3 ^{bc} ±3,0	***
Rendimento da carcaça (%)	82,4 ^{ab} ±0,3	81,1 ^b ±0,5	83,7 ^a ±0,7	81,3 ^b ±0,3	**
Peças magras (kg)¹	29,2 ^{ab} ±0,6	29,4 ^{ab} ±0,7	28,4 ^b ±0,6	30,4 ^a ±0,7	*
Peças ósseas (kg)²	7,1 ^b ±0,2	8,3 ^a ±0,2	7,7 ^{ab} ±0,2	7,5 ^b ±0,2	**
Peças gordas (kg)³	19,7 ^a ±0,7	15,3 ^c ±0,5	17,8 ^b ±0,6	17,7 ^b ±0,5	***
Relação peças magras/peças gordas	1,50 ^c ±0,07	1,93 ^a ±0,07	1,62 ^{bc} ±0,07	1,73 ^{ab} ±0,07	***
Espessura média de toucinho (mm)⁴	76,2 ^a ±3,2	43,0 ^c ±2,4	61,2 ^b ±1,9	62,5 ^b ±1,7	***
Profundidade de gordura ZP (mm)⁵	64,3 ^a ±2,8	33,8 ^c ±2,6	54,9 ^b ±2,8	60,2 ^{ab} ±3,6	***
Carne magra: Profundidade muscular ZP (mm)⁶	63,5±1,3	61,8±1,2	65,1±1,4	62,7±1,6	NS

Significância: *** $P < 0,001$; ** $P < 0,01$; * $P < 0,05$; NS - $P \geq 0,05$;

¹Soma das peças pá, lombo, presunto e lombinho; ²Soma das peças vão das costelas e entrecosto; ³Soma das peças entremeada e toucinho; ⁴Média das medidas realizadas entre a última vértebra cervical e a primeira vértebra torácica (ao nível da primeira costela) e a última vértebra torácica e primeira lombar (ao nível da última costela); ⁵ Profundidade mínima de gordura (incluindo a pele) sobre o músculo *Gluteus medius*; ⁶ Profundidade muscular mínima entre a extremidade anterior do músculo *Gluteus medius* e a região dorsal do canal medular.

Nota: Dados cedidos pelo Projeto TREASURE.

5.2.2. Características físico-químicas da gordura subcutânea dorsal

Os valores da composição química e parâmetros de cor das análises na GSD dos animais abatidos aos 150 kg de peso vivo, estão apresentados na Tabela 5.9. Os resultados referentes à humidade, luminosidade, coordenada cromática Cie a* e cromaticidade não apresentaram diferenças significativas entre os grupos em estudo ($P \geq 0,05$).

Tabela 5.9 - Valores da composição química e parâmetros de cor da gordura subcutânea dorsal dos porcos Alentejano (AL) (n=9), Bísaro (BI) (n=9), ALBI (n=9) e BIAL (n=9) abatidos aos 150 kg de peso vivo.

	AL	BI	ALBI	BIAL	Significância
Humidade (g/100g)	5,1±0,2	5,8±0,4	5,6±0,3	5,4±0,3	NS
Proteína total (g/100g)	0,91 ^b ±0,04	1,29 ^a ±0,06	0,98 ^b ±0,05	0,94 ^b ±0,04	***
Lípidos totais (g/100g)	88,9 ^a ±0,4	83,7 ^c ±0,9	85,5 ^{bc} ±0,3	87,1 ^{ab} ±0,9	*
Luminosidade (Cie L*)	79,3±0,3	79,1±0,3	79,5±0,5	78,8±0,3	NS
Coordenada cromática Cie a* ("Redness")	2,25 ^b ±0,18	3,36 ^a ±0,33	2,70 ^{ab} ±0,33	2,70 ^{ab} ±0,34	*
Coordenada cromática Cie b* ("Yellowness")	4,47±0,18	4,91±0,24	4,36±0,21	4,69±0,24	NS
Cromaticidade (C)	5,0±0,2	6,0±0,4	5,2±0,3	5,5±0,3	NS
Angulo de tono (H°)	63,3 ^a ±1,8	56,4 ^b ±1,9	59,0 ^{ab} ±2,0	60,7 ^{ab} ±2,7	*
Saturação	0,06 ^b ±0,01	0,08 ^a ±0,01	0,07 ^{ab} ±0,01	0,07 ^{ab} ±0,01	*

Significância: *** P<0,001, * P<0,05, NS - P≥0,05.

Verificou-se que os BI apresentaram valores de proteína total na GSD superiores (P<0,001) em relação aos AL e cruzados. Situação contrária é verificada para os lípidos totais da GSD, superior nos AL quando comparados com os BI (P<0,05), mas neste caso sem apresentar diferenças estatísticas para os BIAL. De acordo com os dados da Tabela 5.9, a luminosidade, a coordenada cromática Cie b* e a cromaticidade não foram significativamente diferentes (P≥0,05) entre os grupos experimentais. Os AL apresentaram um valor de luminosidade da GSD inferior aos BI na coordenada cromática Cie a* e na saturação (P<0,05). Por fim, o ângulo de tono foi superior nos AL, com diferenças significativas para os BI (P<0,05).

5.2.3. Características físico-químicas nos tecidos musculares: *Longissimus lumborum*, *Semimembranosus* e *Gluteus medius*

Os dados relativos aos parâmetros físico-químicos e tecnológicos resultantes das análises efetuadas aos 150 kg nos músculos *Longissimus lumborum*, *Semimembranosus* e *Gluteus medius* encontram-se nas Tabelas 5.10 a 5.13.

Longissimus lumborum

Nos animais abatidos aos 150 kg, no LL registaram-se ausência de diferenças significativas para além das indicadas para os abates aos 65 kg, também nos valores da perda de água por cozedura, da coordenada cromática Cie a*, da cromaticidade e do ângulo de tono (Tabela 5.10)

Tabela 5.10 - Composição química, pH, perdas de água e parâmetros de cor do m. Longissimus lumborum dos porcos Alentejano (AL) (n=9), Bísaro (BI) (n=9), ALBI (n=9) e BIAL (n=9) abatidos aos 150 kg de peso vivo.

	AL	BI	ALBI	BIAL	Significância
Humidade (g/100g)	71,0 ^b ±0,3	72,1 ^a ±0,3	72,0 ^a ±0,3	72,0 ^a ±0,3	*
Proteína total (g/100g)	23,6±0,3	23,0±0,4	23,0±0,2	23,0±0,4	NS
Lípidos intramusculares totais (g/100g)	6,9 ^a ±0,2	6,0 ^b ±0,2	6,5 ^{ab} ±0,4	6,1 ^b ±0,3	*
Mioglobina (mg/g)	0,86 ^a ±0,12	0,45 ^b ±0,05	0,61 ^{ab} ±0,12	0,58 ^{ab} ±0,11	*
Colagénio total (mg/g MS)	13,1 ^c ±0,5	16,7 ^a ±0,7	15,9 ^{ab} ±0,7	14,2 ^{bc} ±0,6	**
Colagénio solúvel (mg/g MS)	1,42±0,18	1,56±0,16	1,57±0,30	1,45±0,14	NS
Colagénio solúvel (% colagénio total)	10,9±1,4	9,4±0,9	10,0±1,9	10,3±1,0	NS
pH (24 h post mortem)	5,72 ^a ±0,03	5,49 ^b ±0,02	5,70 ^a ±0,05	5,58 ^b ±0,03	***
Perda de água por gotejamento (g/100g)	0,59 ^b ±0,04	1,92 ^a ±0,19	0,57 ^b ±0,08	0,84 ^b ±0,09	***
Perda de água por descongelação (g/100g)	3,30±0,69	4,47±0,58	3,63±0,33	4,37±0,61	NS
Perda de água por cozedura (g/100g)	25,4±0,6	26,2±0,6	24,4±0,9	24,9±0,5	NS
Luminosidade (Cie L*)	45,1 ^b ±0,8	50,0 ^a ±0,5	46,1 ^b ±1,2	46,4 ^b ±0,6	***
Coordenada cromática Cie a* ("Redness")	11,5±0,6	10,9±0,6	11,3±0,5	11,1±0,4	NS
Coordenada cromática Cie b* ("Yellowness")	3,18±0,07	3,50±0,12	3,37±0,45	3,43±0,14	NS
Cromaticidade (C)	11,9±0,5	11,5±0,6	11,8±0,6	11,7±0,4	NS
Ângulo de tono (H°)	15,7±0,8	18,1±0,9	16,2±1,4	17,1±0,6	NS
Saturação	0,27 ^a ±0,01	0,23 ^b ±0,01	0,25 ^{ab} ±0,01	0,25 ^{ab} ±0,01	*

Significância: *** P<0,001, ** P<0,01; * P<0,05, NS - P≥0,05.

Registaram-se diferenças significativas para os valores da humidade, com os AL a apresentarem valores no LL inferiores aos outros genótipos. Relativamente aos teores de lípidos intramusculares, também foram encontradas diferenças significativas (P<0,05), mas com os AL a registarem os valores mais altos, significativamente diferentes dos dos BI e BIAL.

Os resultados do teor em mioglobina apresentaram diferenças significativas (P<0,05) com os AL a ser mais uma vez superiores aos BI, sendo os valores dos cruzamentos são

intermédios. Quanto ao colagénio, apenas o colagénio total apresentou diferenças significativas ($P<0,01$) neste músculo e com os BI a revelarem valores superiores aos dos AL, e os cruzados valores intermédios. Os dados mostram diferenças significativas ($P<0,001$) relativamente aos valores de pH final (24 h *post mortem*) no LL, com os AL e ALBI a apresentar valores superiores aos dos BI e BIAL. Na perda de água por gotejamento (“drip loss”) verificaram-se diferenças significativas ($P<0,001$) com os BI a apresentarem mais perdas que os AL e os cruzados. Na perda de água por descongelamento (“thawing loss”) e na perda de água por cozedura (“cooking loss”) não registaram diferenças significativas ($P\geq 0,05$) nos resultados. Por fim, nos parâmetros da cor, a luminosidade e a saturação apresentaram diferenças significativas ($P<0,001$ e $P<0,05$, respetivamente). Na luminosidade, os BI apresentaram valores mais elevados que os AL e os cruzados. Já na saturação, os AL foram superiores aos BI.

Os resultados correspondentes às análises instrumentais dos parâmetros reológicos da força de cisalhamento Warner-Bratzler e do TPA do LL encontram-se na Tabela 5.11. Relativamente à análise do perfil de textura foram considerados os seguintes parâmetros: dureza, adesividade, gomosidade, coesividade, resiliência e mastigabilidade. Para a obtenção destes valores criou-se uma macro (conjunto de comandos associados ao programa Texture Exponent que permite o cálculo dos diferentes parâmetros identificados no texturograma).

Tabela 5.11 - Parâmetros reológicos de força de cisalhamento Warner-Bratzler e perfil de textura do *m. Longissimus lumborum* dos porcos Alentejano (AL) (n=9), Bísaro (BI) (n=9), ALBI (n=9) e BIAL (n=9) abatidos 150 kg de peso vivo.

	AL	BI	ALBI	BIAL	Significância
Força de cisalhamento Warner-Bratzler (N)	41,9±1,8	51,4±3,0	44,3±3,5	43,8±2,6	NS (0.10)
Análise do perfil de textura:					
Dureza (N)	68,9±3,1	75,1±1,6	72,3±4,1	68,7±2,3	NS
Adesividade (Ns)	0,68±0,15	0,58±0,10	0,68±0,20	0,64±0,11	NS
Gomosidade	0,84±0,01	0,83±0,02	0,83±0,01	0,84±0,01	NS
Coesividade	0,50±0,01	0,53±0,01	0,52±0,01	0,51±0,01	NS
Resiliência	0,09±0,01	0,10±0,01	0,10±0,01	0,10±0,01	NS
Mastigabilidade	29,3±1,5	33,3±1,7	30,8±1,4	29,4±1,0	NS

Significância: NS - $P\geq 0,05$.

Nenhum dos valores dos parâmetros reológicos foi significativo em nenhuma das características. No entanto, a força de cisalhamento Warner-Bratzler obtida para o grupo experimental da raça de porco Bísaro destaca-se pelo valor mais alto de $51,4 \pm 3,0$ N, sendo que os restantes grupos apresentaram valores muito idênticos entre si, o que em termos

estatísticos levou à apresentação de uma tendência ($P=0.10$) para que os valores do grupo BI fossem diferentes dos restantes grupos.

Semimembranosus

Nos resultados correspondentes aos 150 kg para o SM, a humidade, a proteína total, os lípidos intramusculares, o teor em mioglobina e o colagénio solúvel não registaram diferenças significativas ($P \geq 0,05$) entre os grupos (Tabela 5.12).

Tabela 5.12 - Composição química, pH e parâmetros de cor do *m. Semimembranosus* dos porcos Alentejano (AL) (n=9), Bísaro (BI) (n=9), ALBI (n=9) e BIAL (n=9) abatidos aos 150 kg de peso vivo.

	AL	BI	ALBI	BIAL	Significância
Humidade (g/100g)	73,7 \pm 0,3	73,7 \pm 0,3	73,6 \pm 0,3	73,5 \pm 0,3	NS
Proteína total (g/100g)	22,4 \pm 0,3	22,8 \pm 0,3	22,7 \pm 0,1	22,3 \pm 0,2	NS
Lípidos intramusculares totais (g/100g)	4,9 \pm 0,2	4,5 \pm 0,3	4,6 \pm 0,2	5,2 \pm 0,4	NS
Mioglobina (mg/g)	1,93 \pm 0,15	1,75 \pm 0,14	1,82 \pm 0,11	1,80 \pm 0,08	NS
Colagénio total (mg/g MS)	15,5 ^b \pm 0,9	20,7 ^a \pm 2,0	17,1 ^b \pm 0,5	17,0 ^b \pm 0,8	*
Colagénio solúvel (mg/g MS)	1,23 \pm 0,10	1,32 \pm 0,12	1,25 \pm 0,13	1,32 \pm 0,12	NS
Colagénio solúvel (% colagénio total)	8,2 \pm 0,8	6,8 \pm 0,7	7,4 \pm 0,8	7,8 \pm 0,5	NS
pH (24 h post mortem)	5,76 ^a \pm 0,06	5,51 ^b \pm 0,07	5,67 ^{ab} \pm 0,05	5,66 ^{ab} \pm 0,03	*
Luminosidade (Cie L*)	34,7 ^b \pm 1,1	38,4 ^a \pm 0,9	35,0 ^b \pm 1,0	35,6 ^b \pm 0,7	*
Coordenada cromática Cie a* ("Redness")	13,8 ^b \pm 0,4	15,8 ^a \pm 0,6	13,8 ^b \pm 0,6	15,6 ^a \pm 0,4	*
Coordenada cromática Cie b* ("Yellowness")	6,2 ^b \pm 0,5	8,0 ^a \pm 0,5	6,5 ^b \pm 0,6	8,0 ^a \pm 0,4	*
Cromaticidade (C)	15,2 ^b \pm 0,5	17,4 ^a \pm 0,8	15,3 ^b \pm 0,7	17,5 ^a \pm 0,5	*
Ângulo de tono (H°)	23,9 ^b \pm 1,2	27,5 ^a \pm 1,0	24,8 ^{ab} \pm 1,5	27,1 ^{ab} \pm 0,9	*
Saturação	0,44 ^b \pm 0,02	0,45 ^{ab} \pm 0,02	0,44 ^b \pm 0,02	0,49 ^a \pm 0,02	*

Significância: * $P < 0,05$, NS - $P \geq 0,05$.

Detetaram-se diferenças significativas ($P < 0,05$) relativamente ao colagénio total no SM, onde mais uma vez os BI apresentaram valores superiores aos dos AL e, neste caso, também aos dos restantes grupos. Este músculo apresentou diferenças significativas ($P < 0,05$) para os valores de pH final (24 h post mortem). Os AL apresentaram valores superiores aos dos BI, não

havendo diferenças para os cruzados. Já para a mioglobina não houve diferenças significativas ($P \geq 0,05$), apesar dos AL terem apresentado valores superiores aos dos restantes grupos. Aos 150 kg, houve diferenças significativas ($P < 0,05$) em todos os parâmetros referentes à cor, com os BI a registarem em todos os parâmetros valores superiores relativamente aos AL e cruzados, com exceção para a saturação, que apresentou valores superiores para os BI e BIAL, mas só significativamente diferentes ($P < 0,05$) entre estes últimos e os AL e ALBI.

Gluteus medius

As análises físico-químicas no GM apenas foram possíveis no abate dos 150 kg, uma vez que não foi possível recolher amostras no abate aos 65 kg. Com base nos resultados apresentados na Tabela 5.13, não se registaram diferenças significativas ($P \geq 0,05$) na maior parte dos parâmetros em estudo, com exceção para os lípidos totais e o colagénio total.

Tabela 5.13 - Composição química, pH e parâmetros de cor do m. *Gluteus medius* dos porcos Alentejano (AL) (n=9), Bísaro (BI) (n=9), ALBI (n=9) e BIAL (n=9) abatidos 150 kg de peso vivo.

	AL	BI	ALBI	BIAL	Significância
Humidade (g/100g)	69,9±0,2	70,6±0,5	70,2±0,5	69,9±0,4	NS
Proteína total (g/100g)	21,7±0,3	22,4±0,3	22,2±0,4	21,8±0,7	NS
Lípidos intramusculares totais (g/100g)	9,0 ^a ±0,5	6,2 ^b ±0,5	7,0 ^b ±0,4	8,7 ^a ±0,8	**
Mioglobina (mg/g)	1,63±0,12	1,34±0,12	1,38±0,10	1,56±0,13	NS
Colagénio total (mg/g MS)	15,2 ^b ±0,5	17,9 ^a ±0,4	15,7 ^b ±0,5	15,3 ^b ±0,5	**
Colagénio solúvel (mg/g MS)	1,33±0,12	1,58±0,10	1,35±0,11	1,31±0,08	NS
Colagénio solúvel (% colagénio total)	8,7±0,6	8,8±0,5	8,5±0,5	8,6±0,5	NS
pH (24 h post mortem)	5,62±0,07	5,58±0,04	5,65±0,03	5,61±0,05	NS
Luminosidade (Cie L*)	39,2±0,9	40,3±1,4	38,7±0,7	39,5±0,8	NS
Coordenada cromática Cie a* ("Redness")	12,3±0,6	12,2±0,5	11,8±0,5	13,0±0,5	NS
Coordenada cromática Cie b* ("Yellowness")	5,5±0,4	5,8±0,4	5,4±0,5	6,5±0,5	NS
Cromaticidade (C)	13,5±0,7	13,6±0,6	13,0±0,6	14,6±0,6	NS
Angulo de tono (H°)	23,9±0,8	25,1±1,1	24,3±1,4	25,9±1,3	NS
Saturação	0,34±0,02	0,34±0,02	0,33±0,01	0,36±0,01	NS

Significância: ** $P < 0,01$, NS - $P \geq 0,05$.

Os resultados correspondente aos lípidos intramusculares totais neste músculo apresentaram diferenças significativas ($P < 0,01$), onde os AL apresentaram valores superiores aos BI e aos ALBI. Também foram encontradas diferenças significativas para o colagénio total

($P < 0,01$), com os BI a apresentar valores superiores relativamente aos AL e aos cruzados, como é indicado na Tabela 5.13. No GM, os resultados referentes à cor não apresentaram diferenças significativas ($P \geq 0,05$) para nenhum dos parâmetros em estudo, com valores muito variáveis entre grupos.

Capítulo 6 – Discussão de resultados

6.1. Efeito do genótipo na idade ao abate aos 65 kg

6.1.1. Nas características zootécnicas

Usualmente a utilização de porco com peso ao abate de 65 kg são destinados ao consumo de carne. Dos grupos experimentais, os AL e os ALBI foram os que apresentaram menor ganho médio diário, com diferenças significativas ($P < 0,001$) entre os AL e os restantes grupos. Estes resultados confirmam estudos anteriormente efetuados, que indicam que o porco AL é de crescimento lento (Neves *et al.*, 2012) e que o porco BI e seus cruzamentos têm um crescimento mais rápido (Santos e Silva *et al.*, 2000b), chegando mais rapidamente a um peso fixo de abate, como foi também confirmado neste ensaio. Os resultados obtidos nos trabalhos citados, com animais entre os 70 e 100 kg PV, confirmaram-se neste com animais abatidos aos 65 kg, onde os BI apresentaram uma taxa de crescimento cerca de 20% superior à dos AL.

A nível da carcaça, os BI apresentaram carcaças 14% mais compridas que as dos AL, bem como peças ósseas mais pesadas em cerca de 27%. Mais uma vez, estes valores confirmam resultados de estudos anteriores, que indicam o porco AL como sendo um animal mais curto e apresentando um esqueleto mais ligeiro, quando comparado com o BI (Neves *et al.*, 2012; Santos e Silva *et al.*, 2000a). Quanto aos cruzados, estes apresentaram valores intermédios às duas raças puras.

Regra geral, os pesos das peças magras e gordas observadas nos AL neste ensaio estão entre os valores obtidos em porcos alimentados a 85% *ad libitum* e abatidos aos 40 e 70 kg PV (Neves *et al.*, 2003) e são semelhantes aos obtidos em porcos Ibéricos criados ao ar livre e abatidos entre os 56 e 76,6 kg PV (Mayoral *et al.*, 1999). No caso dos BI, tais pesos foram semelhantes a ligeiramente superiores aos observados em porcos abatidos entre 45 e 65 kg PV (Amorim *et al.*, 2015) e semelhantes a inferiores aos obtidos em porcos abatidos aos 105 kg PV (Santos e Silva *et al.*, 2000b). O peso das peças magras é dado pelas peças constituintes do rendimento comercial (pá, presunto, lombo e lombinho), tendo os resultados obtidos nos animais abatidos aos 65 kg indicado que os BI apresentam pesos 14% superiores aos AL nestas peças. Já no caso das peças gordas, os AL apresentaram um peso em peças gordas (entremeada e toucinho) e uma profundidade de GSD superiores aos BI (31% e 33%, respetivamente). Segundo vários autores, o porco AL é caracterizado por apresentar carcaças com um peso elevado em peças gordas (Neves *et al.*, 2003) e o BI por apresentar carcaças com um peso elevado em peças magras e baixo em peças gordas (Neves *et al.*, 2003). Os resultados obtidos neste ensaio comprovam essas características, mesmo a idades precoces. Porcos com crescimento mais rápido têm geralmente um maior desenvolvimento das peças musculares (peças magras) e um menor desenvolvimento das peças gordas e da profundidade

de GSD (Wood *et al.*, 2008) como se verificou entre os BI e os AL neste ensaio. Estas diferenças entre genótipos originaram uma menor relação peças magras/peças gordas e uma maior espessura da GSD nos porcos AL quando comparados com os BI. Por fim, aos 65 kg PV, os porcos cruzados RI (ALBI e BIAL) apresentaram características de carcaça e peso de peças intermédios entre os genótipos puros que lhes deram origem.

6.1.2. No tecido adiposo subcutâneo

Segundo Wood e colaboradores (2008) nos tecidos animais a proporção de lípidos é inversamente proporcional à de humidade. Esta característica é visível nos resultados obtidos na GSD, onde os porcos AL apresentaram o conteúdo mais baixo em humidade e o mais elevado em lípidos totais, ao passo que os BI apresentaram o conteúdo mais elevado em humidade e o mais baixo em lípidos totais. Confirmando o facto do AL ser considerado uma raça gorda, este apresentou um teor em lípidos totais na GSD cerca de 19% superior ao dos BI, aos 65 kg. Mais uma vez, os cruzados apresentaram valores numericamente intermédios entre os dois genótipos puros, mas mais próximos dos do AL, não sendo significativamente diferentes deste.

6.1.3. No tecido muscular

Longissimus lumborum

Os valores de humidade e proteína obtidos neste ensaio no LL foram semelhantes a ligeiramente inferiores aos obtidos em AL alimentados 85% *ad libitum* e abatidos aos 40 e 70 kg (Neves *et al.*, 2003) e aos obtidos em BI (Leite *et al.*, 2015). No entanto, os valores de lípidos intramusculares obtidos neste ensaio tenderam a ser superiores aos citados nos trabalhos referidos, provavelmente devido a diferenças nas condições alimentares a que os animais estiveram sujeitos (*ad libitum* vs. restrição alimentar a 85% *ad libitum* e alimentação com concentrado nutricionalmente equilibrado vs. alimentação tradicional à base de produtos e subprodutos agrícolas, respetivamente). Tal como verificado na GSD, também neste tecido se verificou que a proporção entre humidade e lípidos variou inversamente (Wood *et al.*, 2008) e quanto maior o teor de humidade menor o conteúdo em lípidos intramusculares (Leite *et al.*, 2015). Neste ensaio, os AL apresentaram um teor em lípidos intramusculares 25% superior ao dos BI, confirmando a sua capacidade precoce de depositar lípidos, quer na GSD, quer nos músculos (Neves *et al.*, 1996). O teor em lípidos intramusculares é altamente influenciado pelo genótipo, e carne com elevado teor nestes lípidos apresenta melhores características organoléticas que carne com um baixo teor em lípidos intramusculares (Fernandez *et al.*, 1999).

No teor de mioglobina, os AL apresentaram um valor 41% superior ao dos BI. Esta característica está muito provavelmente relacionada com o genótipo, como anteriormente sugerido por (Honikel, 1998).

O tecido conjuntivo do músculo esquelético é constituído essencialmente por proteínas de colagénio, sendo um fator com muita influência na textura da carne (McCormick, 1994). O facto de o valor de colagénio total neste ensaio ter sido cerca de 19% superior nos BI que nos AL, sugere que tal facto poderá contribuir para uma carne (neste caso o lombo) mais tenra dos AL, o que está de acordo com os valores de força de cisalhamento obtidas, 44% mais baixa nos AL que nos BI.

O valor do pH final considerado normal em carne de porco varia entre 5.5 e 5.8 (Honikel, 1987). Neste ensaio, o pH final foi superior nos AL, quando comparado com o dos BI. O porco Alentejano apresenta nas primeiras etapas de vida um conteúdo de fibras oxidativas (aeróbias) maior que o de outras raças. Estas modificações funcionais das fibras refletem-se, entre outros aspetos, na evolução *post-mortem* do valor de pH, inversamente relacionado com o número de fibras musculares do tipo IIB (anaeróbias) (Silva, 2016). Segundo Mera (2016) a tenrura do músculo *Longissimus* está relacionada com o pH e valores menores que 5,8 estão relacionados com maior tenrura. No entanto, quanto maior o pH acima desse limite, menos tenra é a carne, apresentando a carne dura valores geralmente de 6,2 ou superiores. Esta situação parece estar de acordo com os valores da força de cisalhamento, onde os porcos BI, que apresentaram os maiores valores de pH final entre os genótipos avaliados, apresentaram os valores mais elevados.

As perdas de água por gotejamento são importantes devido ao impacto que têm nas perdas de produto vendável (peso da carne) e redução na sua qualidade nutritiva (perda de vitaminas, proteínas e minerais solúveis). A perda de água por gotejamento pode ser explicada pelo gasto do ATP muscular, que leva ao estabelecimento de ligações irreversíveis das proteínas actina e miosina, com redução do espaço miofibrilar, e/ou pela descida do pH para valores perto de 5.5 (o ponto isoelétrico da maioria das proteínas), reduzindo as forças electrostáticas repulsivas entre filamentos (Huff-Lonergan e Lonergan, 2005). A desnaturação da miosina a pH baixos pode também contribuir para a redução do espaço entre as miofibrilas e, portanto, para a expulsão da água do músculo (Honikel, 1998; Huff-Lonergan e Lonergan, 2005). Por outro lado, a perda de água pode também ser influenciada pelo teor em lípidos intramusculares, variando inversamente em relação a estes (Muriel *et al.*, 2004). Neste ensaio, os BI apresentaram valores de perda de água por gotejamento muito superiores aos dos AL, de acordo com os seus teores de lípidos intramusculares inferiores e os seus valores de pH final inferiores. As perdas de água por descongelação e por cozedura foram também superiores (56 e 63%, respetivamente) nos porcos BI que nos AL, apesar da primeira não ter atingido significado estatístico provavelmente devido aos elevados erros padrão verificados. Mais uma vez, os porcos RI (ALBI e BIAL) registaram valores numericamente intermédios aos das raças puras.

A cor é o parâmetro mais importante na primeira impressão que o consumidor cria quando aprecia a carne e depende grandemente da concentração em mioglobina, da sua forma química, e do estado físico da carne (valores de pH, estado da proteína e grau de desnaturação, perda de água) (Honikel, 1998). No LL, os BI apresentaram os parâmetros da cor luminosidade (L^*) 10% superiores em relação aos AL, e o ângulo de tono 43% mais elevado. Estes resultados estão de acordo com os menores níveis de mioglobina e de pH final verificados no LL desse genótipo. Por seu lado, os AL apresentaram um maior índice cromático a^* (vermelho) (24%), maior cromaticidade (20%) e uma maior saturação (38%) que os BI no LL, os quais estão de acordo com os maiores níveis de mioglobina e de pH final verificados nesse genótipo. Assim, quando comparado com o dos BI, o LL dos AL apresentou uma cor vermelha mais intensa, com maior cromaticidade e menor ângulo de tono (mais perto do eixo da cor vermelha) fator de grande importância para o consumidor (Muriel *et al.*, 2004). Por outro lado, os níveis particularmente elevados de luminosidade observados no LL dos BI podem também ser devidos à maior perda de água por gotejamento deste genótipo, uma vez que a película de água formada à superfície da peça muscular reflete mais luz, estando positivamente correlacionada com a luminosidade (Brewer *et al.*, 2001). Os valores dos parâmetros da cor obtidos nos ALBI e BIAL foram também intermédios aos dos das raças puras.

Semimembranosus

Os resultados de humidade estão em concordância com outros estudos feitos no músculo SM (Andrés *et al.*, 2000; Jorge, 2016). Tal como na GSD e no LL, também neste músculo quanto maior o teor de humidade verificado, menor o conteúdo em lípidos intramusculares. Assim, os BI apresentaram um teor em humidade 3% superior ao dos AL e estes um teor em lípidos intramusculares 17% superior ao dos BI. No entanto, e provavelmente devido aos erros padrão elevados verificados no grupo dos AL e dos ALBI, esta diferença não atingiu significado estatístico. Uma das situações que poderia explicar esta ocorrência prende-se com a grande heterogeneidade do músculo SM (Barone, 2000).

O teor de mioglobina observado foi, tal como no LL, superior nos AL (133%) quando comparado com o dos BI, apresentando os cruzados valores intermédios, confirmando assim a sua dependência do genótipo (Honikel, 1998).

No SM, o valor de colagénio total foi cerca de 21% superior nos BI que nos AL e, ao contrário do observado no LL, a menor proporção de colagénio solúvel em percentagem do colagénio total (-20%) nos porcos BI atingiu significado estatístico ($P < 0.05$). Estes resultados sugerem que o SM dos AL poderá ser mais tenro que o dos BI. O facto do SM dos AL ter apresentado também teores mais elevados de lípidos intramusculares (NS) poderá também contribuir para esta possível maior tenrura.

Nos parâmetros de cor do SM, os BI apresentaram valores superiores em relação aos AL na luminosidade e o ângulo de tono (8 e 19 %, respetivamente). A coordenada cromática a^* (de intensidade de vermelho) foi 13 % superior para o SM dos AL, assim como a saturação, quando comparadas com as dos BI. Assim, tal como verificado para o LL, o SM dos AL apresentou uma cor vermelha mais intensa, com maior cromaticidade e menor ângulo de tono (mais perto do eixo da cor vermelha), tornando a carne mais apelativa para o consumidor (Muriel *et al.*, 2004). Os genótipos do RI (ALBI e BIAL) apresentaram valores intermédios aos dos genótipos puros aos 65 kg.

6.2. Efeito do genótipo na idade ao abate de 150 kg

6.2.1. Nas características zootécnicas

Usualmente os porcos abatidos com um peso de 150 kg ao abate têm como destino final a indústria de presuntos. Dos grupos em estudo, os AL e os ALBI apresentaram menor ganho médio diário, contudo sem atingir diferenças significativas ($P \geq 0,05$). Estes resultados não estão de acordo com outros estudos efetuados, que indicam que o porco AL é de crescimento lento (Oliveira, 2012; Neves *et al.*, 2012) e o porco Bísaro e seus cruzamentos é de crescimento mais rápido (Santos e Silva *et al.*, 2000a). No único trabalho que comparou diretamente porcos AL com porcos BI (Santos e Silva *et al.*, 2000a), os autores sugerem que os BI apresentam crescimentos mais rápidos que os AL. Neste ensaio, tal foi verificado até aos 65 kg, mas entre os 65 e os 150 kg, não se detetaram diferenças significativas no ganho médio diário dos 4 genótipos. Esta diferença pode ser explicada pelo facto dos BI terem sido criados e mantidos na Herdade Experimental da Mitra, no Alentejo, tendo estado submetidos na fase final do ensaio a temperaturas diárias máximas de 35° C. Tal situação poderá ter desencadeado *stress* térmico nesses animais, oriundos de regiões mais frescas do norte de Portugal, reduzindo o seu potencial de crescimento, bem como o dos BIAL.

A nível da carcaça, o porco BI apresentou carcaças 18% mais compridas do que o porco AL, assim como peças ósseas 21 % mais pesadas, confirmando as diferenças obtidas aos 65 kg, e em concordância com os estudos feitos por Neves e colaboradores (2012) e Santos e Silva e colaboradores (2000a), onde o porco AL apresenta características ósseas menos importantes que o porco BI. Quanto ao rendimento de carcaça, este aumenta geralmente com o aumento do teor em gordura (nos porcos, a maioria da gordura deposita-se na carcaça, em forma de gordura subcutânea e intramuscular), pelo que os genótipos AL e ALBI apresentaram valores mais elevados deste parâmetro que os BI e BIAL, apesar de só se terem verificado diferenças estatísticas entre os ALBI e os genótipos BI e BIAL.

Os resultados do peso das peças magras e gordas observadas neste ensaio para o porco AL são similares aos valores obtidos em porcos Ibéricos alimentados com rações comerciais *ad*

libitum e abatidos aos 140 kg PV (Dobao *et al.*, 1987) e para o porco BI são semelhantes aos resultados apresentados para porcos abatidos aos 150 kg (Santos e Silva *et al.*, 2000b). Os BIAL e os BI apresentaram um peso de peças magras (pá. lombo, presunto e lombinho) superior aos dos AL e ALBI, apesar de só se terem detetado diferenças significativas entre os cruzados. Por outro lado, o AL apresentou um peso em peças gordas (entremeada e toucinho) e uma profundidade de GSD e gordura ZP superiores ao BI (20, 47 e respetivamente). Segundo vários autores, o porco AL é caracterizado por apresentar carcaças com um peso elevado em peças gordas (Grave, 2015; Neves *et al.*, 2003) e baixo em magras (Grave, 2015), ao passo que o BI apresenta carcaças com um peso elevado em peças magras e baixo em peças gordas (Santos e Silva *et al.*, 2000b). Os resultados obtidos neste ensaio comprovam essas características. Porcos com crescimento mais rápido têm geralmente um maior desenvolvimento das peças musculares (peças magras) e um menor desenvolvimento das peças gordas e da profundidade de GSD (Wood *et al.*, 2008) como se verificou entre os BI e os AL neste ensaio. As diferenças entre pesos de peças magras e gordas repercutiu-se na relação peças magras/peças gordas, com os BI a apresentarem valores superiores, os AL valores inferiores, e os cruzados valores intermédios.

6.2.2. No tecido adiposo subcutâneo

Tal como verificado aos 65 kg, os valores de humidade e lípidos totais variaram inversamente nos porcos BI e AL, mas só estatisticamente diferentes no último caso. A GSD apresentou um teor em lípidos totais 6% inferior nos BI que nos AL, comprovando a já referida elevada capacidade adipogénica deste último genótipo. Contudo o valor da humidade verificados na GSD aos 150 kg é menor em relação ao obtido aos 65 kg, derivado do aumento da espessura da gordura com o aumento do peso ao abate e assim diminui o teor de humidade (Grave, 2015).

O porco BI apresentou um teor de proteína total 42% superior em relação ao AL. Os valores estão de acordos com os obtidos em porcos AL abatidos entre os 90 e 160 kg para a proteína (Silva, 2016), mas quanto aos BI, não há valores disponíveis na bibliografia. Esta diferença de valores do teor proteico é difícil de explicar, podendo, no entanto, estar relacionada com uma maior presença de vasos capilares na GSD dos BI, com vista a aumentar a circulação periférica para combater o *stress* térmico anteriormente referido a que estes animais foram sujeitos. No entanto, estudos histológicos que poderiam confirmar ou desmentir esta hipótese, não foram realizados neste ensaio. O facto de este genótipo (BI) ter apresentado valores da coordenada cromática a^* e saturação 49 e 33% mais elevados que os dos AL, poderá indiretamente apoiar a sugestão acima referida. Assim, se considerarmos que valores mais elevados desses parâmetros correspondem a tonalidades mais vermelhas, as amostras de GSD dos BI poderiam apresentar uma maior presença de vasos sanguíneos. No caso dos

AL, a maior concentração lipídica na GSD contribui para a diluição dos vasos sanguíneos desse tecido, contribuindo para a explicação do menor valor de a^* e a menor saturação (mais brilho) das GSD desses porcos.

6.2.3. No tecido muscular

Longissimus lumborum

Os valores da humidade e da proteína obtidos no músculo LL foram próximos dos obtidos em AL num estudo feito com porcos abatidos entre 80 e 100 kg (Lourenço, 2009) e aos 110 kg (Neves *et al.*, 2012) e em animais castrados BI abatidos aos 105 e 150 kg (Santos e Silva *et al.*, 2000b). Estes resultados encontram-se também entre os valores de estudos feitos no músculo *Longissimus dorsi* do porco Alentejano (Martins *et al.*, 2015; Neves *et al.*, 2012; Neves, 1998) com resultados de humidade de 67, 2 a 72,8 g/100g e valores de proteína entre 21,9 e 23,8 g/100g. Em trabalhos mais recentes feitos no mesmo músculo, Silva (2016) e Brito (2014) apresentam valores para a humidade entre 70,5 e 73,34 g/100g e para a proteína entre 22,1 e 23,6 g/100g. Por fim, os valores obtidos para o porco Bísaro estão também de acordo com os valores obtidos por Leite e colaboradores (2015). Uma vez que todos os animais foram sujeitos ao mesmo tipo de alimentação e sistema de produção “ao ar livre”, os resultados sem diferenças significativas para o conteúdo de proteína podem estar relacionados com a alimentação, já que uma alimentação rica em proteína e aminoácidos (lisina) indica um aumento no valor da proteína total do músculo de todos os animais em estudo (Goulart, 2013).

Os valores de lípidos intramusculares totais são semelhantes aos obtidos por Silva e colaboradores (2016), Neves e colaboradores (2012) e Bianchi (2013), no entanto são superiores aos valores obtidos pelos restantes autores citados acima (Brito, 2014; Leite *et al.*, 2015; Lourenço, 2009; Martins *et al.*, 2015; Neves, 1998;), provavelmente devido a diferenças nas condições alimentares a que os animais estiveram sujeitos (*ad libitum* vs. restrição alimentar a 85% *ad libitum* e alimentação com concentrado nutricionalmente equilibrado vs. alimentação tradicional à base de produtos e subprodutos agrícolas, respetivamente). Tal como verificado na GSD, também neste tecido se verificou que a proporção entre humidade e lípidos variou inversamente (Wood *et al.*, 2008) e quanto maior o teor de humidade menor o conteúdo em lípidos intramusculares (Bianchi, 2013; Leite *et al.*, 2015). O porco BI tem 2% mais humidade que o porco AL, por sua vez o porco AL tem 15% mais lípidos intramusculares que o BI. O teor em lípidos intramusculares é altamente influenciado pelo genótipo (Santos e Silva *et al.*, 2000a), e carne com elevado teor nestes lípidos apresenta melhores características organoléticas que carne com um baixo teor em lípidos intramusculares (Fernandez *et al.*, 1999), onde se aponta um teor mínimo de gordura intramuscular desejável entre 2,5 e 3,5%, de modo a haver uma melhoria na perceção por parte dos consumidores da textura e sabor, afetando assim positivamente a qualidade da carne (Fernandez *et al.*, 1999; Font-i-Furnols *et*

al., 2012). Os valores obtidos neste ensaio são bastante superiores a isso, confirmando assim que as carnes das raças autóctones são de elevada qualidade nutricional e sensorial.

No teor de mioglobina, o porco AL apresentou valores 91% superiores aos do BI, com diferenças significativas, tendo os valores obtidos para este parâmetro sido semelhantes aos obtidos no porco Alentejano (Silva, 2016) e no porco ibérico (Lopez-Bote *et al.*, 2008). O exercício afeta o teor de pigmentos totais e mioglobina pela conversão do tipo fibras em fibras vermelhas (Lefaucheur, 2010) por isso um regime de produção extensivo tenderá a aumentar estes parâmetros na carne. No entanto, a mioglobina é um dos parâmetros afetados por fatores genéticos, sendo a raça Bísara caracterizada por palidez da carne (Santos e Silva *et al.*, 2000a) o que se reflete num baixo teor em mioglobina, como mostram os resultados obtidos neste ensaio. O teor de mioglobina está relacionado com os valores da coordenada a^* “redness” e da saturação, que indicam uma tonalidade mais vermelha, com valores mais elevados no porco AL em relação ao BI, registados neste ensaio, mais uma vez confirmando as diferenças genéticas entre as raças (Santos e Silva *et al.*, 2000a). Os porcos do tronco ibérico foram também referidos como tendo maior concentração de fibras oxidativas nos músculos, indicando que o teor em mioglobina e o índice de vermelho (a^*) será também superior, com uma cor mais escura (saturação) (Clemente *et al.*, 2012). Os parâmetros dos Ribatejanos apresentaram valores intermédios em relação aos dos genótipos puros.

O colagénio, juntamente com outras proteínas, forma o tecido conjuntivo, responsável por influenciar a textura do músculo (Tortora e Derrickson, 2008). Os valores do colagénio total obtidos neste ensaio são semelhantes aos valores obtidos para o porco AL (Brito, 2014) e para o porco BI (Barbosa, 2017), e relativamente a porcos de raça comercial (Bianchi, 2013), os valores obtidos nestes genótipos autóctones são bastante inferiores. No entanto, no colagénio total o BI apresentou um valor 22% superior ao AL, sugerindo que a carne de AL é mais tenra que a carne de BI. Esta sugestão pode ser confirmada pelos valores da força de cisalhamento e a dureza no teste de TPA, respetivamente 23 e 9% inferiores no AL em relação ao BI. O teor de colagénio solúvel tem tendência a diminuir com a idade do animal, sugerindo que a carne de animais com mais idade é menos tenra que a de animais com idade inferior (Barbosa, 2017). Este aumento da dureza da carne foi observado entre os animais abatidos as 65 e 150 kg neste ensaio, com um aumento de 58% na força de cisalhamento em AL e de 8% em BI.

O valor do pH final considerado normal em carne de porco varia entre 5.5 e 5.8 (Honikel, 1987). O pH no LL foi superior no AL comparativamente ao BI, confirmado em estudos feitos em porco BI que indicam valores de pH baixos (Santos e Silva *et al.*, 2000b). Isto sugere, como observado em outras raças magras contendo maior concentração de fibras musculares IIB com maior capacidade glicolítica, que os BI apresentaram um maior conteúdo em glicogénio muscular, negativamente correlacionado com o valor de pH (Monin, 2000). O pH está também relacionado com a perda de água, mais precisamente o pH baixo favorece a perda de água (Barbosa, 2017), e isso parece estar de acordo com os resultados obtidos nos valores de perda de água por gotejamento, uma vez que o BI apresenta valores 225% superiores ao AL,

indicando fatores genéticos na origem destas diferenças. Os restantes parâmetros de perda de água seguem essa tendência apesar de não se terem obtido diferenças significativas. Os genótipos Ribatejano apresentaram geralmente valores intermédios nestes parâmetros. Tal como anteriormente referido, as perdas de água por gotejamento são importantes devido ao impacto que têm nas perdas de produto vendável (peso da carne) e redução na sua qualidade nutritiva (perda de vitaminas, proteínas e minerais solúveis). A perda de água por gotejamento pode ser explicada pelo gasto do ATP muscular, que leva ao estabelecimento de ligações irreversíveis das proteínas actina e miosina, com redução do espaço miofibrilar, e/ou pela descida do pH para valores perto de 5.5 (o ponto isoelétrico da maioria das proteínas), reduzindo as forças electrostáticas repulsivas entre filamentos (Huff-Lonergan e Lonergan, 2005). A desnaturação da miosina a pH baixos pode também contribuir para a redução do espaço entre as miofibrilas e, portanto, para a expulsão da água do músculo (Honikel, 1998; Huff-Lonergan e Lonergan, 2005). Por outro lado, a perda de água pode também ser influenciada pelo teor em lípidos intramusculares, variando inversamente em relação a estes (Muriel *et al.*, 2004).

Os parâmetros de textura não obtiveram resultados significativos, apesar dos resultados dos testes de cisalhamento Warner-Bratzler, terem apresentado uma tendência ($P=0.01$) para valores superiores no LL dos BI quando comparado com os dos AL. Há fatores que podem ter afetado estes resultados, como por exemplo a uniformidade do tamanho da amostra, a direção das fibras musculares perpendicularmente ao corte, a presença de tecido conjuntivo e gordura intramuscular (de distribuição não homogénea no tecido muscular), a temperatura da amostra e a ambiente (Honikel, 1998). Os valores apresentados para o perfil de textura (TPA), indicam que o grupo de porco BI apresentou os valores mais elevados no que diz respeito à dureza da carne ($75,1 \pm 1,6$ N), apesar destes resultados não terem sido significativos ($P \geq 0,05$).

Semimembranosus

Os resultados relativos à humidade, proteína e lípidos intramusculares totais não apresentaram diferenças significativas entre genótipos. Os valores de humidade e proteína são semelhantes aos obtidos em SM de porcos AL alimentados a 85% *ad libitum* e abatidos aos 100 kg (Martins *et al.*, 2012), mas os valores em lípidos totais foram superiores neste ensaio, provavelmente devido ao facto de os animais estarem a consumir concentrado *ad libitum*. Quanto aos valores destes 3 parâmetros para o SM dos porcos BI, coincidem com os valores obtidos por Leite e colaboradores (2015). Apesar de não ter atingido diferenças significativas, também neste músculo se verificou que quanto maior o teor de humidade, menor o conteúdo em lípidos intramusculares. Comparativamente ao músculo LL, este músculo tem maior teor de humidade e menor teor de proteína total e lípidos intramusculares, facto que poderá estar relacionado com a composição em fibras musculares oxidativas do músculo (Gandemer, 1991). Apesar da não significância estatística entre os genótipos, os valores obtidos para os lípidos intramusculares estão acima dos valores mínimos de qualidade sensorial (Fernandez *et al.*,

1999; Font-i-Furnols *et al.*, 2012). Em relação aos porcos Ribatejanos, todos os resultados encontraram-se entre os valores dos genótipos puros exceto o BIAL que apresentou maior valor numérico de lípidos intramusculares e menor de proteínas e humidade.

Apesar dos resultados não terem sido significativos também para o teor de mioglobina, tal como verificado no músculo LL, o porco AL apresentou valores superiores ao porco BI. No entanto, em estudos anteriores (Martins *et al.*, 2012; Jorge, 2016), os valores de mioglobina no SM foram superiores aos detetados no LL de porcos AL. Esta discrepância de resultados poderá estar relacionada com a heterogeneidade no músculo SM, que contém uma porção mais pálida e uma outra mais avermelhada, portanto mais rica em mioglobina (Barone, 2000).

Os resultados obtidos para o teor de colagénio total encontram-se entre os verificados em estudos com porco AL no músculo SM (Brito, 2014; Jorge, 2016). No entanto, o BI apresentou teores de colagénio total 34% superiores em relação ao AL no músculo SM e, assim como no músculo anterior, estes resultados sugerem que a carne de porco AL é mais tenra que a do BI. Este parâmetro é superior neste músculo em relação ao músculo LL, derivado à maior intervenção dos músculos da perna na atividade física da locomoção, importante em porcos criados ao ar livre (Jorge, 2016).

Também neste músculo os valores obtidos no pH estão entre 5.5 e 5.8 (Honikel, 1987), com valores superiores para o AL em relação ao BI, o que está de acordo com os resultados obtidos no LL, confirmando o efeito genético neste parâmetro.

Nos parâmetros de cor os BI foram sempre superiores em relação aos AL. Costa (2008) mostrou que o teor de humidade está relacionado com o aumento da luminosidade e com a diminuição do índice de vermelho (a^*), esses resultados são verdade para o BI uma vez que apresenta maior teor de humidade e luminosidade e menor índice de vermelho (a^*). O índice de vermelho (a^*) é geralmente maior em animais com um maior conteúdo de mioglobina (Leite *et al.*, 2015). Os porcos do tronco ibérico foram relatados como tendo maior concentração de fibras oxidativas nos músculos, isso indica que o teor em pigmentos e o índice de vermelho (a^*) será também superior, com uma cor mais escura (saturação) (Clemente *et al.*, 2012) e o porco BI é caracterizado por ter uma carne mais pálida (Santos e Silva *et al.*, 2000a). No SM, os BI apresentaram valores de luminosidade (L^*) 11% superiores em relação aos AL, e o ângulo de tono 15% mais elevado. Estes resultados estão de acordo com os menores níveis de mioglobina (NS) e de pH final verificados no SM desse genótipo. Por outro lado, apresentaram maiores valores de coordenada cromática a^* (14%), coordenada cromática b^* (29%), e cromaticidade (14%), relativamente ao porco AL. Estes resultados são opostos aos do músculo LL, onde o porco AL tinha apresentado maior tonalidade vermelha que o porco BI, relacionada com o elevado conteúdo de mioglobina. Isto sugere que a acima referida heterogeneidade do músculo SM poderá ter influenciado os resultados obtidos, uma vez que as amostras que foram recolhidas para análise da mioglobina, apesar de contíguas às análises recolhidas para a cor, não foram as mesmas.

Gluteus medius

Os valores obtidos para a humidade e lípidos intramusculares, seguem a tendência verificada anteriormente, com os porcos BI a ter maior teor de humidade e menor conteúdo nos lípidos intramusculares, confirmando a variação inversa entre o teor de humidade e o conteúdo em lípidos intramusculares (Wood *et al.*, 2008), apesar dos resultados obtidos na humidade não terem diferenças significativas. O teor de lípidos intramusculares nos AL foi superior ao dos BI em 45%, mais uma vez confirmando as diferenças genéticas entre as raças (Santos e Silva *et al.*, 2000a) e o que se tinha verificado nos dois outros músculos. Estudos feitos em porcos Alentejanos indicam que o teor de lípidos nos músculos e na quantidade de gordura depositada é elevada no porco Alentejano. A elevada capacidade de deposição de tecido adiposo é assim uma característica da raça Alentejana (Freitas *et al.*, 2007), confirmada nos resultados deste ensaio.

Já no colagénio total, os BI apresentaram teores 15% superiores aos dos AL, confirmando como nos músculos anteriores, que a carne de porco AL tende a ser mais tenra que a do porco BI, devido ao inferior teor em colagénio.

Apesar de numericamente superior no GM do AL, o teor em mioglobina não foi significativamente diferente nos quatro genótipos, bem como os valores dos parâmetros da cor. No entanto, o músculo GM é um músculo da perna e, assim como o músculo SM, tem tendência para ter elevados teores de mioglobina e pigmentação, afetando os parâmetros de cor relativamente ao músculo LL (lombo), derivado da atividade física do animal em regime extensivo. O músculo SM é um músculo interior da perna enquanto o músculo GM é um músculo exterior e por essa razão os músculos interiores têm uma tonalidade mais vermelha (Barbosa, 2017), os resultados obtidos neste ensaio confirmam que o valor da coordenada a^* é superior no SM em relação ao do GM. Os valores de saturação e coordenada a^* são também superiores neste músculo em relação ao LL, estando de acordo com ensaios anteriores feitos no porco AL e BI nos músculos da perna (Barbosa, 2017; Jorge, 2016; Neves, 1998).

Capítulo 7 - Conclusões finais e perspectivas futuras

No geral, o porco AL apresentou menor ganho médio diário de peso (significativo na fase de crescimento), e, portanto, demorou mais tempo a atingir o peso ao abate, quando comparado com o porco BI. Por outro lado, o porco AL apresentou um peso superior em peças gordas, enquanto que o porco BI apresentou pesos superiores em peças magras e ósseas, bem como um maior comprimento da carcaça.

Dos genótipos puros abatidos aos 65 kg, o BI foi o que apresentou maior rendimento comercial e peso de peças comerciais. Aos 150 kg, o AL foi o genótipo que apresentou maior teor de gordura intramuscular e espessura de toucinho, demonstrando melhores características sensoriais, sugerindo a sua utilização para a produção de produtos transformados.

Em ambos os abates, o porco BI apresentou nos músculos um maior teor em humidade, maior teor de proteína e consequentemente menor teor de gordura intramuscular. Também apresentou maior perda de água, bem como maior teor em colagénio total do que o AL. Nos parâmetros de cor, os resultados variaram entre músculos, mas no geral o BI apresentou maior luminosidade e o AL maior saturação e intensidade de vermelho na coordenada cromática a*.

Os porcos Ribatejanos (ALBI e BIAL) apresentaram resultados intermédios entre os dois genótipos puros, indicando um grande potencial para a utilização destes genótipos para a produção de carne e transformação de produtos. De particular interesse é o facto destes animais cruzados terem apresentado uma importante redução nas perdas de água por gotejamento (a ambos os pesos de abate) no músculo LL, quando comparados com o genótipo puro BI.

As características genéticas das raças AL e BI levaram a que os seus cruzamentos tenham originado a obtenção de carne de qualidade, quer para consumo em fresco, quer para transformação, pelo aproveitamento de características de ambas as raças puras.

O estudo do porco Ribatejano, da sua carne e dos seus produtos ajudará à manutenção ou aumento das duas populações de raças puras que lhe deram origem, o porco Alentejano e o porco Bísaro. Nesta perspectiva, contribui assim para a conservação da biodiversidade animal e para a valorização do consumo destas raças autóctones, com o intuito de atender às necessidades muito diferentes do consumidor atual.

Para trabalhos futuros no porco Ribatejano, sublinha-se o interesse em aprofundar o estudo genético, com o objetivo de compreender a influência do genótipo do progenitor macho nas características e qualidade da carne deste(s) cruzamento(s).

Capítulo 8 – Referências Bibliográficas

- Aaslyng, M. D., Meinert, L. (2017). Meat flavour in pork and beef – From animal to meal. *Meat Science*, 132, 112-117.
- Abril, M., Campo, M. M., Önenç, A., Sañudo, C., Albertí, P., Negueruela, A. I. (2001). Beef colour evolution as a function of ultimate pH. *Meat Science*, 58 (1), 69-78.
- ACEPA. (2017). Demografia- Suínos Raça Alentejana. Sociedade portuguesa de recursos genéticos animais. Consultado em Junho 2018, Disponível em <http://www.sprega.com.pt/conteudo.php?idesp=su%EDnos&idrac=Alentejano>
- ACPA. (2018). Porco Alentejano-Padrão da Raça. Acedido em junho 2018. Disponível em <http://www.porcoalentejano.com/index.php?modulo=pagina32>.
- Amorim, A., Gonçalves, A., Leite, A., Paulos, K., Oliveira, A., Pereira, E., Rodrigues, S., Teixeira, A. (2015). *Características da Carcaça*. In "Porco Bísaro. Qualidade da Carcaça e da Carne", 32-79, Quinta do Bísaro, Bragança, Portugal.
- ANCPA. (2017). A Excelência do Porco Alentejano. Acedido em Junho 2018, Disponível em http://ancca.suinicultura.com/?page_id=81
- ANCSUB. (2017). Demografia- Suínos Raça Bísara. Sociedade Portuguesa de Recursos Genéticos Animais. Acedido em junho 2017, disponível em <http://www.sprega.com.pt/conteudo.php?idesp=su%EDnos&idrac=B%EDsaro>.
- Andrés, A. I., Cava, R., Mayoral, A. I., Tejeda, J. F., Morcuende, D., Ruiz, J. (2001). Oxidative stability and fatty acid composition of pig muscles as affected by rearing system, crossbreeding and metabolic type of muscle fibre. *Meat Science*, 59 (1), 39-47.
- Andrés, A. L., Ruiz, J., Cava, R., Tello, M. L., Mayoral, A. I. (2000). Influence de la composition fibrillaire des trois muscles du porc Ibérique sur la couleur de la viande. In J. A. Almeida & J. Tirapicos Nunes (Eds.), *Tradition and innovation in Mediterranean pig production*. Options Méditerranéennes: Série A, 41, pp. 197: CIHEAM, Zaragoza.
- AOAC. (2011). Official Methods of Analysis of AOAC International (18th ed.) Gaithersburg, MD: AOAC.
- Aranceta, J., e Pérez-Rodrigo, C. (2012). Recommended dietary reference intakes, nutritional goals and dietary guidelines for fat and fatty acids: a systematic review. *British Journal of Nutrition*, 107 (S2), S8-S22.
- Astorga Márquez, R. J. (2012). Iberian pig raising: Animal health and food safety. In E. J. De Pedro & A. B. Cabezas (Eds.), *7th International Symposium on the Mediterranean Pig*. Options Méditerranéennes: Série A, 101, pp. 237-240: CIHEAM, Zaragoza.
- Barbosa, N. D. (2017). Caracterização físico-química de Presuntos de porcos da raça Bísara com diferentes tempos de cura. Tese de Mestrado, Escola Superior Agraria de Bragança, Instituto Politécnico de Bragança.
- Barone, R. (2000). Anatomie comparée des mammifères domestiques. In *Arthrologie et myologie*. 4ª Edição.: Vigot.
- Bianchi, T.L.C.F.P. (2013). Comparação de processos proteolíticos e lipolíticos em músculos de presuntos curados de uma população suína selecionada de acordo com critérios tecnológicos. Tese de Mestrado, Escola Superior Agraria de Castelo Branco, Instituto Politécnico de Castelo Branco.
- Brewer, M. S., Zhu, L. G., Bidner, B., Meisinger, D. J., McKeith, F. K. (2001). Measuring pork color: effects

- of bloom time, muscle, pH and relationship to instrumental parameters. *Meat Science*, 57 (2), 169-176.
- Brito, M. R. d. (2014). Efeito da suplementação alimentar de betaína no perfil lipídico de dois músculos de suínos alentejanos. Tese de Mestrado, Departamento de Zootecnia, Universidade de Évora.
- Burrow, H. M., Moore, S. S., Johnston, D. J., Barendse, W., & Bindon, B. M. (2001). Quantitative and molecular genetic influences on properties of beef: a review. *Australian journal of experimental agriculture*, 41 (7), 893-919.
- Cancela d'Abreu, M., Freitas, A. B., Kletschke, M. C., Simões, F., & Almeida, J. A. (2000). Utilisation digestive chez le porc Alentejano en croissance de trois régimes à base de triticale et de foin de luzerne. In J. A. Almeida & J. Tirapicos Nunes (Eds.), *Tradition and innovation in Mediterranean pig production* (Vol. 41, pp. 147-150): CIHEAM. Zaragoza.
- Cardoso, S. (2005). Influência da estimulação elétrica de baixa voltagem, do tipo de desossa e de taxas de resfriamento sobre características físicas, físico-químicas, sensoriais e microbiológicas dos músculos longissimus lumborum e semitendinosus de bovinos da raça Nelore. Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas.
- Catela, J. D. S. (2013). Comparação do perfil de ácidos gordos em carne de suíno produzida com diferentes objetivos comerciais. Tese de Mestrado, Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade de Lisboa.
- Cava, R., Estévez, M., Ruiz, J., Morcuende, D. (2003). Physicochemical characteristics of three muscles from free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live weight. *Meat Science*, 63, 533-541.
- Charneca, R., Freitas, A., Martins, J., Neves, J., Elias, M., Laranjo, M., & Nunes, J. (2017). Alentejano and Bísaro pigs: tradition and innovation – the TREASURE project. In *Proceedings of the 11th International Symposium - Modern Trends in Livestock Production*, Belgrade, Serbia: Institute for Animal Husbandry, 146-155.
- Charneca, R., Requetim, C., Freitas, A., Neves, J., Martins, J. M., & Nunes, J. T. (2016). First reproductive and productive results on “Ribatejano pig”. In: *IX International Symposium on Mediterranean Pig, Book of Abstracts*, Portalegre, p. 73.
- Choi, P., Yun, K. K., & Yeon, J. H. (2017). Rheological Properties of Wet-Mix Shotcrete Mixtures Made with Crushed Aggregate. In *Journal of Materials in Civil Engineering*, 29 (11).
- Christensen, L. B. (2003). Drip loss sampling in porcine m. longissimus dorsi. *Meat Science*, 63 (4), 469-477.
- CIE. (1976). Commission Internationale de l'Eclairage, 18th Session. In: CIE Publication 36, London, UK.
- Clemente, I., Polvillo, O., Juárez, M., Avilés, C., Membrillo, A., Horcada, A., Dieguez, E., Racero, J. C., Molina, A. (2012). Comparison of pork quality from pure and crossbred Iberian pig. In E. J. De Pedro & A. B. Cabezas (Eds.), *7th International Symposium on the Mediterranean Pig*, Options Méditerranéennes: Série A, 101, 441-446: CIHEAM. Zaragoza.
- Cobos, A., Hoz, L. De La, Cambero, M.I., Ordonez, J.A. (1994). Revisión: Influencia de la dieta animal en los ácidos grasos de los lípidos de la carne. *Revista española de ciencia y tecnología de alimentos*, 34 (1), 35-51.
- Correia, S., Messens, W., Hempen, M., da Silva Felicio, T., Stella, P., Romero Barrios, P., Liebana, E. (2015). General tasks and structure of the European Food Safety Authority and its role on risk assessment for microbiological hazards. In: *Food Safety Challenges for Mediterranean Products*, pp. 207.
- Costa, H. M. G. d. (2015). Estudo prévio sobre a carcaça de suínos da raça Bísara, de peso vivo de 10 a

- 65 Kg. Tese de Mestrado, Escola Superior Agraria de Bragança, Instituto Politécnico de Bragança.
- Costa, M. d. R., Bergamin Filho, W., Silveira, E. T. F., e Felício, P. E. d. (2008). Colour and texture profiles of boneless restructured dry-cured hams compared to traditional hams. *Scientia Agricola*, 65 (2), 169-173.
- Cummins, E. J., e Lyng, J. G. (2016). *Emerging Technologies in Meat Processing: Production, Processing and Technology*. 1ª Edição. West Sussex. UK: John Wiley & Sons.
- Da Cruz, C. A. C. (2013). Estudo do longissimus lumborum e biceps femoris de cordeiros alimentados com diferentes componentes da algaroba. Tese de Doutorado, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.
- De Smet, S., & Vossen, E. (2016). Meat: The balance between nutrition and health. A review. *Meat Science*, 120, 145-156.
- Dill, M. D. (2010). Identificação dos pontos críticos processuais da cadeia produtiva do lombo suíno a partir das necessidades do consumidor do Estado do Rio Grande do Sul. Tese de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Dobao MT, Rodríguez J, Sílío L, Toro MA, Pedro Ed and Siles JLGd 1987. Crecimiento y características de canal en cerdos Ibéricos, Duroc-Jersey x Ibérico y Jiaying x Ibérico. *Investigación agraria. Producción y sanidad animales*, 2, 9-23.
- Dolores Romero de Ávila, M., Isabel Cambero, M., Ordóñez, J. A., de la Hoz, L., & Herrero, A. M. (2014). Rheological behaviour of commercial cooked meat products evaluated by tensile test and texture profile analysis (TPA). *Meat Science*, 98 (2), 310-310-315.
- Domínguez, R., Martínez, S., Franco, I., Carballo, J. (2012). Effect of the use of chestnuts in the finishing diet on fatty acid profile in different tissues of the Celta pig breed. In E. J. De Pedro & A. B. Cabezas, *7th International Symposium on the Mediterranean Pig*, Options Méditerranéennes: Série A, 101, 295-301: CIHEAM, Zaragoza.
- Dyce, K. M., Sack, W. O., & Wensing, C. J. G. (2010). *Textbook of Veterinary Anatomy*: Mosby.
- Elias, M., Santos, A. C., Fraqueza, M. J., Barreto, A. (2012). Physico-chemical and sensorial characteristics evolution of vacuum packaged Iberian dry-cured ham stored at refrigerated temperature. In E. J. De Pedro A. B. Cabezas (Eds.), *7th International Symposium on the Mediterranean Pig*, Options Méditerranéennes: Série A, 101, 515-519: CIHEAM, Zaragoza.
- Elias, M., Tirapicos Nunes, J., Sanabria, C. (2000). Effet du génotype et du régime alimentaire sur quelques caractéristiques physiques et chimiques du 'Palaio' et du 'Jambon de Barrancos'. In J. A. Almeida & J. Tirapicos Nunes (Eds.), *Tradition and innovation in Mediterranean pig production*, Options Méditerranéennes: Série A, 41, 217-225: CIHEAM, Zaragoza.
- England, E. M., Scheffler, T. L., Kasten, S. C., Matarnah, S. K., Gerrard, D. E. (2013). Exploring the unknowns involved in the transformation of muscle to meat. *Meat Science*, 95 (4), 837-843.
- Estévez, M., e Cava, R. (2004). Lipid and protein oxidation, release of iron from heme molecule and colour deterioration during refrigerated storage of liver pâté. *Meat Science*, 68 (4), 551-558.
- Etherington, D. J., e Sims, T. J. (1981). Detection and estimation of collagen. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 32 (6), 539-546.
- Fernandez, X., Monin, G., Talmant, A., Mourrot, J., Lebret, B. (1999). Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat. 1. Composition of the lipid fraction and sensory characteristics of m. *longissimus lumborum*. *Meat Science*, 53 (1), 59-65.
- Ferreira, P. (2004). Efeito do peso vivo ao abate nas características físico químicas do tecido muscular

- esquelético do porco de raça Alentejana. Tese de Licenciatura, Departamento de Zootecnia, Universidade de Évora.
- Florowski, T., Florowska, A., Chmiel, M., Adamczak, L., Pietrzak, D., Ruchlicka, M. (2017). The effect of pale, soft and exudative meat on the quality of canned pork in gravy. *Meat Science*, 123, 29-34.
- Folch, J., Lees, M., e Stanley, G. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226, 497-509.
- Font-i-Furnols, M., Tous, N., Esteve-Garcia, E., Gispert, M. (2012). Do all the consumers accept marbling in the same way? The relationship between eating and visual acceptability of pork with different intramuscular fat content. *Meat Science*, 91 (4), 448-453.
- Forrest, J. C., Aberle, E. D., Hedrick, H. B., Judge, M. D., Merkel, R. A. (1975). *Principles of meat science*: New York. NY: WH Freeman and Co.
- Frandsen, R. D., Fuentes Hernandez, V. O., Herrera, S. Y., Ignacio, T. R., Spurgeon, T. L. (1995). *Anatomía y fisiología de los animales domésticos*: 5ª Edição. México: Interamericana-McGraw-Hill.
- Freitas, A. (2013). Optimização da matéria-prima com base no peso de abate. In *VII Congresso Mundial do Presunto*, Ourique, p. 8.
- Freitas, A. (2014). A raça suína Alentejana: passado, presente e futuro. In *Las razas porcinas Iberoamericanas: un enfoque etnozootécnico* (ed. OL Silva Filha), pp. 55-80, Instituto Federal Baiano, Salvador.
- Freitas, A. B., Neves, J., Bento, P., Charneca, R., & Nunes, J. L. T. (2003). Peso ótimo de abate do porco Alentejano destinado à produção de carne para consumo em fresco. In *XIII Congresso de Zootecnia* (publicado em CD, sem numeração de páginas). Universidade de Évora / APEZ, Évora.
- Freitas, A. B., Neves, J. A., Nunes, J. T., Charneca, R., & Martins, J. M. (2007). Desenvolvimento do tecido adiposo e muscular em suínos de raça Alentejana. *Revista de Ciências Agrárias*, 30 (1), 317-322.
- Gandemer, G. (2002). Lipids in muscles and adipose tissues, changes during processing and sensory properties of meat products. *Meat Science*, 62 (3), 309-321.
- Gerbens, F., Van Erp, A. J., Harders, F. L., Verburg, F. J., Meuwissen, T. H., Veerkamp, J. H., & Te Pas, M. F. (1999). Effect of genetic variants of the heart fatty acid-binding protein gene on intramuscular fat and performance traits in pigs. *Journal of Animal science*, 77 (4), 846-852.
- Goldfinger, E. (2004). *Animal Anatomy for Artists: The Elements of Form*: 1ª Edição. Nova Iorque: Oxford University Press.
- Goulart, J. F. F. (2013). Avaliação nutricional e organolética de carne proveniente de suínos sujeitos a diferentes dietas: resultados preliminares. Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova, Lisboa.
- Grave, M. M. F. d. C. (2015). Características da carcaça em suínos de raça Alentejana e cruzados Large White x Landrace terminados em montanha. Tese de Mestrado, Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa.
- Guerreiro-Pereira, M. C., Matos, J., Ramos, A. M., Clemente, A., Rangel-Figueiredo, T., & Simões, F. (2000). Molecular markers in the Portuguese Bísaro pig: screening for breed specific microsatellites. In J. A. Almeida & J. Tirapicos Nunes (Eds.), *Tradition and innovation in Mediterranean pig production*, Options Méditerranéennes: Série A, 41, 105-109: CIHEAM, Zaragoza.

- Hill, F. (1966). The Solubility of Intramuscular Collagen in Meat Animals of Various Ages. *Journal of Food Science*, 31 (2), 161-166.
- Honikel, K. O. (1987). How to Measure the Water-Holding Capacity of Meat? Recommendation of Standardized Methods. In G. E. T.P.V, G. Monin (Ed.), *Evaluation and Control of Meat Quality in Pigs* (Vol. 38, pp. 129-142): Dordrecht - Martinus Nijhoff Publishers.
- Honikel, K. O. (1998). Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science*, 49 (4), 447-457.
- Hornsey, H. C. (1956). The colour of cooked cured pork - Estimation of the Nitric oxide- Haem Pigments. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 7, 534-40.
- Hou, X., Yang, Y., Zhu, S., Hua, C., Zhou, R., Mu, Y., Tang, Z., Li, K. (2016). Comparison of skeletal muscle miRNA and mRNA profiles among three pig breeds. *Molecular Genetics and Genomics*, 291 (2), 559-573.
- Huidobro, F. R., Miguel, E., Blázquez, B., e Onega, E. (2005). A comparison between two methods (Warner–Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat. *Meat Science*, 69 (3), 527-527-536.
- Huff-Loneragan, E., e Lonergan, S. M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat Science*, 71 (1), 194-204.
- Ikonen, E. (2008). Cellular cholesterol trafficking and compartmentalization. *Nature reviews Molecular cell Biology*, 9(2), 125.
- INE. (2018a). Consumo humano de carne (t) por tipo de carnes; Anual. Instituto Nacional de estatística. Acedido em junho 2018. Disponível em https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000549&contexto=bd&selTab=tab2
- INE. (2018b). Consumo humano de carne per capita. Instituto Nacional de Estatística. Acedido em junho 2018. Disponível em https://www.ine.pt/xportal/xmain?xpid=INE&xpgid=ine_indicadores&indOcorrCod=0000211&contexto=bd&selTab=tab2.
- Jorge, S. M. M. d. M. (2016). Efeito do sistema de produção nas características físico-químicas e no perfil lipídico de três músculos de suínos alentejanos. Tese de Mestrado, Departamento de Zootecnia, Universidade de Évora.
- Kerth, C. R. 2013. The science of meat quality. Ames, IA: Wiley-Blackwell.
- Kwasiborski, A., Sayd, T., Chambon, C., Santé-Lhoutellier, V., Rocha, D., Terlouw, C. (2008). Pig Longissimus lumborum proteome: Part II: Relationships between protein content and meat quality. *Meat Science*, 80 (4), 982-996.
- Lametsch, R., Larsen, M. R., Essén-Gustavsson, B., Jensen-Waern, M., Lundström, K., Lindahl, G. (2011). Postmortem Changes in Pork Muscle Protein Phosphorylation in Relation to the RN Genotype. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59 (21), 11608-11615.
- Lawrie, R. A., & Ledward, D. (2014). *Lawrie's Meat Science*: Elsevier Science. 7ª Edição. Woodhead Publishing: 2014. Cambridge: CB1.
- Lebret, B., Ecolan, P., Bonhomme, N., Méteau, K., Prunier, A. (2015). Influence of production system in local and conventional pig breeds on stress indicators at slaughter, muscle and meat traits and pork eating quality. *Animal*, 9 (8), 1404-1413.
- Lebret, B., & Faure, J. (2015). La viande et les produits du porc: comment satisfaire des attentes qualitatives variées. *INRA Productions Animales*, 28 (2), 111-114.

- Lee, S. H., Joo, S. T., & Ryu, Y. C. (2010). Skeletal muscle fiber type and myofibrillar proteins in relation to meat quality. *Meat Science*, 86 (1), 166-170.
- Lefaucheur, L. (2010). A second look into fibre typing – Relation to meat quality. *Meat Science*, 84 (2), 257-270.
- Leite, A., Oliveira, A., Amorim, A., Gonçalves, A., Paulos, K., Pereira, E., Rodrigues, S., Teixeira, A. (2015). *Qualidade da Carne*. In *Porco Bísaro. Qualidade da Carcaça e da Carne* (eds. A Fernandes and A Teixeira), pp. 81-96, Quinta do Bísaro, Bragança.
- Leygonie, C., Britz, T. J., e Hoffman, L. C. (2012). Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. *Meat Science*, 91 (2), 93-98.
- Lindahl, G., Lundström, K., Tornberg, E. (2001). Contribution of pigment content, myoglobin forms and internal reflectance to the colour of pork loin and ham from pure breed pigs. *Meat Science*, 59 (2), 141-151.
- Lourenço, M. d. C. (2009). Efeito da raça e do sexo na qualidade físico-química e sensorial da carne de porco. Tese de Mestrado, Escola Superior Agraria de Bragança, Instituto Politécnico de Bragança.
- López-Bote, C. J., Toldrá, F., Daza, A., Ferrer, J. M., Menoyo, D., Silió, L., Rodríguez, M. C. (2008). Effect of exercise on skeletal muscle proteolytic enzyme activity and meat quality characteristics in Iberian pigs. *Meat Science*, 79 (1), 71-76.
- López-Francos, A., Romagosa, I., Navarro, M., Heath, S. (2015). *Agricultural higher education in the 21st century: a global challenge in knowledge transfer to meet world demands for food security and sustainability* Options Méditerranéennes: Série A, 113, p. 229: CIHEAM, Zaragoza.
- Madeira, M. S. M. d. S. (2013). Feeding strategies to improve fat partitioning and meat quality in pigs. Tese de Doutoramento, Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade de Lisboa.
- Mancini, R. A., & Hunt, M. (2005). Current research in meat color. *Meat science*, 71 (1), 100-121.
- Marshall, D. M. (1999). Genetics of meat quality. In: *The genetics of cattle*. Eds. Fries, R. & Ruvinsky, A., CABI Publishing, UK, p. 605-636
- Martins de Carvalho, M. A. (2000a). Nutrition and production systems of the 'Bísaro' pig in the north-east region of Portugal. In J. A. Almeida J. Tirapicos Nunes (Eds.), *Tradition and innovation in Mediterranean pig production* Options Méditerranéennes: Série A, 41, 123-128: CIHEAM, Zaragoza.
- Martins de Carvalho, M. A. (2000b). The commercialization of pork products of specific qualities. In J. A. Almeida, J. Tirapicos Nunes (Eds.), *Tradition and innovation in Mediterranean pig production* Options Méditerranéennes: Série A, 41, 285-292: CIHEAM, Zaragoza.
- Martins, J. M., Neves, J., Serrano, A., Abecasis, I., Albuquerque, A., Freitas, A., Nunes, J. T., Charneca, R. (2018). The Ribatejano pig: Rebirth of a local population? First results on growth, and carcass parameters. *Archivos de Zootecnia*, 67, 127-130.
- Martins, J. M., Neves, J. A., Freitas, A., Tirapicos, J. L. (2015). Rearing system and oleic acid supplementation effect on carcass and lipid characteristics of two muscles from an obese pig breed. *Animal*, 9 (10), 1721-1730.
- Martínez, B., Rubio, B., Vaquero, M., Sánchez, M. J. (2012). Consumers attitudes to Iberian pork meat. In E. J. De Pedro & A. B. Cabezas (Eds.), *7th International Symposium on the Mediterranean Pig* Options Méditerranéennes: Série A, 101, 463-466: CIHEAM Zaragoza.
- Mayoral, A. I., Dorado, M., Guillén, M. T., Robina, A., Vivo, J. M., Vázquez, C., & Ruiz, J. (1999). Development of meat and carcass quality characteristics in Iberian pigs reared outdoors. *Meat*

- Science*, 52 (3), 315-324.
- McCormick, R. (1994). The flexibility of the collagen compartment of muscle. *Meat Science*, 36 (1), 79-91.
- McDonald, P. R., Edward, A., Greenhalgh, J. F. D., Morgan, C. A., Sinclair, L. A., Wilkinson, R. G. (2010). *Animal nutrition* (7th Ed). Longmans Scientific and Technological. John Wiley and Sons. Inc. New York.
- Mera, J. D. R. (2016). Impacto do pH final na maciez do músculo Longissimus lumborum de animais zebuínos: mudanças estruturais de proteínas da carne crua e cozida durante a maturação. Tese de Mestrado, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- Minelli, G., Cino, A., Comellini, M., Lelo, M. C., Volpelli, L. A., Lo Fiego, D. P. (2012). Influence of genetic type on the characteristics of subcutaneous adipose tissue of pig thighs destined for the PDO production. In E. J. De Pedro & A. B. Cabezas (Eds.), *7th International Symposium on the Mediterranean Pig Options Méditerranéennes: Série A*, 101, 470-470: CIHEAM, Zaragoza.
- Monin, G. (2000). Influence des facteurs de production sur les qualités technologiques et sensorielles des viandes de porc. In J. A. Almeida & J. Tirapicos Nunes (Eds.), *Tradition and innovation in Mediterranean pig production Options Méditerranéennes: Série A*, 41, 167-179: CIHEAM, Zaragoza.
- Monteiro, A., Diaz-Huepa, L., Castilha, L., & Pozza, P. (2018). Síntese proteica em suínos: como fêmeas, machos não castrados e castrados respondem a este processo? *PUBVET* 12, 1-10.
- Montenegro, M. S. C., Cunha, M. C. C., Freire, J. P. B., Cunha, L. F., & Aumaître, A. (2000). Résultats préliminaires sur le besoin en protéine et en lysine des porcelets de race Alentejana. In J. A. Almeida & J. Tirapicos Nunes (Eds.), *Tradition and innovation in Mediterranean pig production Options Méditerranéennes: Série A*, 41, 129-136: CIHEAM, Zaragoza.
- Motta, V., & Mandarim-de-Lacerda, C. (2012). Beneficial Effects of Exercise Training (Treadmill) on Body Mass and Skeletal Muscle Capillaries/Myocyte Ratio in C57BL/6 Mice Fed High-Fat Diet. *International Journal of Morphology*, 30 (1) 205-210.
- Muriel, E., Ruiz, J., Ventanas, J., Petrón, M. J., & Antequera, T. (2004). Meat quality characteristics in different lines of Iberian pigs. *Meat Science*, 67 (2), 299-307.
- Muñoz, M., Riccardo, B., Croveti, A., Charneca, R., Martins, J., I Fernández, A., Fontanesi, L., García-Casco, J., Ovilo, C. (2017). Genetic diversity of Alentejano and Iberian breeds assessed by polymorphisms of major genes. In *11th International Symposium - Modern Trends in Livestock Production*, Belgrade, Serbia, pp. 304-311.
- Nardone, A., & Valfrè, F. (1999). Effects of changing production methods on quality of meat, milk and eggs. *Livestock Production Science*, 59 (2), 165-182.
- Neves, J. (1998). Influência da Engorda em Montanheira sobre as Características Bioquímicas e Tecnológicas da Matéria-prima e do Presunto Curado de Porco Alentejano. Tese de Doutorado, Universidade de Évora.
- Neves, J., Freitas, A., Charneca, R., Nunes, J. (2003). Effect of slaughter weight on carcass quality traits of Alentejano pig breed. In: *49th. International Congress of Meat Science and Technology*, pp. 343-344, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, Brasil.
- Neves, J. A., Freitas, A., Martins, J. M., Tirapicos Nunes, J. (2012). Physical measures of the carcass and the chemical composition of Longissimus dorsi muscle of Alentejano pigs between 70 and 110 kg LW. In E. J. De Pedro & A. B. Cabezas (Eds.), *7th International Symposium on the Mediterranean Pig*, Options Méditerranéennes: Série A, 101, 475-478: CIHEAM, Zaragoza.

- NP-1614, N. P. (2009). *Meat and Meat Products. Determination of Moisture Content. Reference Method*. Instituto Português da Qualidade, Lisboa.
- NP-1615, N. P. (2002). *Carnes e produtos cárneos. Determinação da cinza. Método de referência*. Instituto Português da Qualidade, Lisboa.
- NP-3441, N. P. (1979). *Carnes, derivados e produtos cárneos. Determinação do pH. Método de referência*. Instituto Português da Qualidade, Lisboa.
- Nunes, J. L. T. (1993). *Contributo para a reintegração do porco Alentejano no Montado*. Tese de Doutoramento, Universidade de Évora, Évora.
- Oliveira, A. R. (2012). Alentejo pig breed nipple (*Sus ibericus*) preliminar scientific notula (I). In E. J. De Pedro & A. B. Cabezas (Eds.), *7th International Symposium on the Mediterranean Pig*, Options Méditerranéennes: Série A, 101, 93-96: CIHEAM, Zaragoza.
- OMS. (2018). Suprimento global de gorduras trans. Acedido em junho 2018. Disponível em https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=5670:oms-divulga-plano-para-eliminar-gorduras-trans-produzidas-industrialmente-do-suprimento-global-de-alimentos&Itemid=839
- Paredi, G., Raboni, S., Bendixen, E., de Almeida, A. M., Mozzarelli, A. (2012). "Muscle to meat" molecular events and technological transformations: The proteomics insight. *Journal of Proteomics*, 75 (14), 4275-4289.
- Pastorelli, G., Rossi, R., Cannata, S., Corino, C. (2012). Natural antioxidant in pig feeding: Effects on meat and on salami quality. In E. J. De Pedro & A. B. Cabezas (Eds.), *7th International Symposium on the Mediterranean Pig*, Options Méditerranéennes: Série A, 101, 303-307: CIHEAM, Zaragoza.
- Pearce, K. L., Rosenvold, K., Andersen, H. J., Hopkins, D. L. (2011). Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes—A review. *Meat Science*, 89 (2), 111-124.
- Pearson, A. M. (2012). *Muscle and Meat Biochemistry*: Elsevier Science, 2012: Londres.
- Pedro, E. d., e Murillo, M. (2000). Effect of storage time on fatty acid composition of subcutaneous fat. In J. A. Almeida & J. Tirapicos Nunes (Eds.), *Tradition and innovation in Mediterranean pig production*, Options Méditerranéennes: Série A, 41, 251-255: CIHEAM, Zaragoza.
- Piedrafita, J., Christian, L. L., Lonergan, S. M. (2001). Fatty acid profiles in three stress genotypes of swine and relationships with performance, carcass and meat quality traits. *Meat Science*, 57 (1), 71-77.
- Pires da Costa, J. S., e Oliveira, O. E. R. (2000). Optimisation de la production du porc Alentejano destiné à la transformation en produits secs traditionnels de haute qualité - Evaluation des performances productives dans des conditions expérimentales. In J. A. Almeida & J. Tirapicos Nunes (Eds.), *Tradition and innovation in Mediterranean pig production*, Options Méditerranéennes: Série A, 41, 137-146: CIHEAM, Zaragoza.
- Pugliese, C. (2012). Quality of meat and cured products of Mediterranean autochthonous pigs. In E. J. De Pedro & A. B. Cabezas (Eds.), *7th International Symposium on the Mediterranean Pig*, Options Méditerranéennes: Série A, 101, 267-273: CIHEAM, Zaragoza.
- Pugliese, C., & Sirtori, F. (2012). Review: Quality of meat and meat products produced from southern European pig breeds. *Meat Science*, 90, 511-518.
- Pérez-Enciso, M., Clap, A., Noguera, J. L., Ovilo, C., Coll, A., Folch, J. M., Babot, D., Estany, J., Oliver, M. A., Diaz, I. (2000). A QTL on pig chromosome 4 affects fatty acid metabolism: evidence from an Iberian by Landrace intercross. *Journal of Animal Science*, 78 (10), 2525-2531.
- Regulamento (CE), n. (1992). Conselho, de 14 de Julho de 1992, relativo à proteção das indicações

- geográficas e denominação de origem dos produtos agrícolas e dos géneros alimentícios in: Jornal Oficial nº L 053 de 24/02/1998, p.0026.
- Rodrigues, S., Paulos, K., leite, A., Oliveira, A., Gonçalves, A., Amorim, A., Pereira, E., Teixeira, A. (2015). Características Sensoriais. In *Porco Bísaro. Qualidade da Carcaça e da Carne*", eds. A Fernandes and A Teixeira), pp. 121-143, Quinta do Bísaro, Bragança.
- Rubio, B., Martínez, B., Vieira, C., García, M. D. (2012). Consumers perception of Iberian cooked meat products. In E. J. De Pedro & A. B. Cabezas (Eds.), *7th International Symposium on the Mediterranean Pig*, Options Méditerranéennes: Série A, 101, 479-482: CIHEAM, Zaragoza.
- Rübensam, J. M. (2000). Transformações post mortem e qualidade da carne suína. In *1ª Conferência Internacional Virtual sobre a Qualidade da Carne Suína*, pp. 89-99, Concórdia, Brasil.
- Santos e Silva, J., Bernardo, A., Pires da Costa, J. (2000a). Genetic characterization and inventory of the Bísaro pig through visible effect genes. Their utilization in the genotypic comparison between populations and in the establishing of a nucleus for in vivo genetic conservation. In: J. A. Almeida & J. Tirapicos Nunes (Eds.), *Tradition and innovation in Mediterranean pig production*, Options Méditerranéennes: Série A, 41, 39-51: CIHEAM, Zaragoza.
- Santos e Silva, J., Ferreira-Cardoso, J., Silva, J., Bernardo, A., Ferrando, N., Pereira, A., & Pires da Costa, J. S. (2000b). Detection of crosses in the Bísaro breed and impact of halothane gene on carcass and meat quality. In: *51 th Annual meeting of the European Association for Animal Production*., The Hague, The Netherlands, 7 pp.
- Santos, R., Ribeiro, M. d. G., Farinha, N., Barradas, A., Neves, J. A., Bento, P. (2008). Estudo da influência de diferentes alimentos sobre características quantitativas e qualitativas da gordura em porcos de raça alentejana. *Revista de Ciências Agrárias*, 31, 5-16.
- Santos Silva, J. (2012). Production systems and sustainable management of pigs in the Mediterranean region. In E. J. De Pedro A. B. Cabezas (Eds.), *7th International Symposium on the Mediterranean Pig*, Options Méditerranéennes: Série A, 101, 99-107: CIHEAM, Zaragoza.
- Seeley, R., Stephens, T., & Tate, P. (2005). *Anatomia e Fisiologia* (6ªedição). In: Lusociência - Edição Técnicas e Científicas, Lda., Loures. Portugal.
- Silva, D. A. A. (2016). Efeito da atividade física nas características físico-químicas e no perfil lipídico da gordura subcutânea e de um músculo de suínos alentejanos. Tese de Mestrado, Departamento de Zootecnia, Universidade de Évora.
- Stefaan De, S., Katleen, R., Daniel, D. (2004). Meat fatty acid composition as affected by fatness and genetic factors: a review. *Animal Research*, 53 (2), 81-98.
- Teixeira, A., & Rodrigues, S. (2013). Pork Meat Quality of Preto Alentejano and Commercial Large White x Landrace Cross. *Journal of Integrative Agriculture*, 12, 1961-1971.
- Teixeira, C. S. L. (2015). *TNF-alfa e metabolismo do adipócito*. Tese de Mestrado. Instituto Superior de Ciências da Saúde Egas Moniz.
- Tejerina, D., García-Torres, S., Cava, R. (2012). Water-holding capacity and instrumental texture properties of m. Longissimus dorsi and m. Serratus ventralis from Iberian pigs as affected by the production system. *Livestock Science*, 148 (1-2), 46-46-51.
- Terlouw, C. (2005). Stress reactions at slaughter and meat quality in pigs: genetic background and prior experience. *Livestock Production Science*, 94 (1), 125-135.
- Teye, G. A., Sheard, P. R., Whittington, F. M., Nute, G. R., Stewart, A., Wood, J. D. (2006). Influence of dietary oils and protein level on pork quality. 1. Effects on muscle fatty acid composition, carcass, meat and eating quality. *Meat Science*, 73 (1), 157-165.

- Tirapicos Nunes, J., Paiva, J. C., Gomes, C., Freitas, A. B., Almeida, J. A. (2000). Effects of diets during growth and their repercussion on the quantitative and qualitative characteristics of carcass. In: J. A. Almeida & J. Tirapicos Nunes (Eds.), *Tradition and innovation in Mediterranean pig production*, Options Méditerranéennes: Série A, 41, 159-163: CIHEAM, Zaragoza.
- Tortora, G. J., e Derrickson, B. (2009). *Principles of Anatomy and Physiology*. Hoboken, N.J.: Wiley.
- Trindade, M. S. d. S. (2015). Revisão e proposta de melhoria do sistema HACCP do Matadouro Regional do Alto Alentejo. Tese de Mestrado, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova, Lisboa.
- Utrillas, M., Soriano, A., Villafuerte, S. E., García Ruiz, A. (2012). Differences in physico-chemical composition of loin of three sires from Duroc x Iberian cross selected according to their conformation. In E. J. De Pedro & A. B. Cabezas (Eds.), *7th International Symposium on the Mediterranean Pig*, Options Méditerranéennes: Série A, 101, 81-84: CIHEAM, Zaragoza.
- van Asch, B., Pereira, F., Santos, L. S., Carneiro, J., Santos, N., Amorim, A. (2012). Mitochondrial lineages reveal intense gene flow between Iberian wild boars and South Iberian pig breeds. *Animal Genetics*, 43 (1), 35-41.
- Warner, R. D., Greenwood, P. L., Pethick, D. W., Ferguson, D. M. (2010). Genetic and environmental effects on meat quality. *Meat Science*, 86 (1), 171-183.
- Woessner, J. F. (1961). The determination of hydroxyproline in tissue and protein samples containing small proportions of this amino acid. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 93 (2), 440-447.
- Wood, J. D., Enser, M., Fisher, A. V., Nute, G. R., Sheard, P. R., Richardson, R. I., Hughes S., Whittington, F. M. (2008). Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Science*, 78 (4), 343-358.
- Wu, F., Zuo, J. J., Yu, Q. P., Zou, S. G., Tan, H. Z., Xiao, J., Liu, Y. H., Feng, D. Y. (2015). Effect of skeletal muscle fibers on porcine meat quality at different stages of growth. *Genetics and molecular research: GMR*, 14 (3), 7873-7882.
- Zemva, M., Malovrh, S., Levart, A., Kovac, M. (2012). Comparison of technological quality of meat and nutritional quality of backfat of Krškopolje pigs and commercial fatteners in Slovenia. In E. J. De Pedro & A. B. Cabezas (Eds.), *7th International Symposium on the Mediterranean Pig*, Options Méditerranéennes: Série A, 101, 405-409: CIHEAM, Zaragoza.
- Zhang, M., Li, F., Diao, X., Kong, B., Xia, X. (2017). Moisture migration, microstructure damage and protein structure changes in porcine longissimus muscle as influenced by multiple freeze-thaw cycles. *Meat Science*, 133, 10-18.
- Zhao, X., Bai, Y., Xing, T., Xu, X. L., & Zhou, G. H. (2018). Use of an isoelectric solubilization/precipitation process to modify the functional properties of PSE (pale, soft, exudative)-like chicken meat protein: A mechanistic approach. *Food Chemistry*, 248, 201-209.